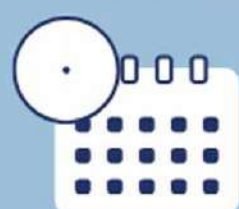




“Süni İntellekt: Nəzəriyyədən Praktikaya” II Beynəlxalq Elmi Konfrans



26-27 may 2025



Naxçıvan Dövlət Universiteti



- (+994) 55 242 12 28 (Cavanşir Zeynalov)
- (+994) 50 411 37 77 (Hüseyn Qasimov)

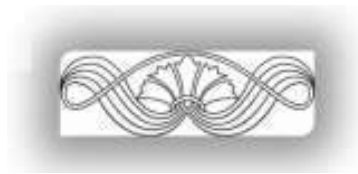


www.konfrans.ndu.edu.az

AICON 2025

**SÜNİ İNTELLEKT: NƏZƏRİYYƏDƏN PRAKTİKAYA” II BEYNƏLXALQ ELMI
KONFRANSI**

**Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan
MAY 26-27, 2025**



BOOK OF ABSTRACTS

ISBN: 978-625-97879-4-7

2025

SÜNİ İNTELLEKT: NƏZƏRİYYƏDƏN PRAKTİKAYA" II

BEYNƏLXALQ ELMİ KONFRANSI

AICON 2025

Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan

MAY 26-27, 2025

EDITORS

Elsəvər Əsədov

Cavanşir Zeynalov

Hüseyn Qasimov

Nicat Yaqubov

Hüseyn Əsgərli

Məftun Əliyev

All papers have been peer reviewed.

SPONSORING ORGANIZATIONS

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi

Naxçıvan Dövlət Universiteti

İstanbul Universiteti – Cerrahpaşa, Türkiyə

ARETN İdarəetmə Sistemləri İnstitutu

Gümüşhane Universiteti, Türkiyə

Düzce Universiteti, Türkiyə

Rusiya Cənub Universiteti

Sədrilər

Elbrus İsayev

Naxçıvan Dövlət Universitetinin rektoru

Nuri Aydın

İstanbul Universiteti – Cərrahpaşanın rektoru

Əli Abbasov

Elm və Təhsil Nazirliyi İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun baş direktoru

İmran Əkbərov

Rusiya “Cənub” Universitetinin rektoru

Nedim Sözbir

Düzce Universitetinin rektoru

Oktay Yıldız

Gümüşhane Universitetinin rektoru

Təşkilat Komitəsi

Elsəvər Əsədov – NDU Elm və innovasiya məsələləri üzrə prorektor, sədr müavini

Cavanşir Zeynalov – NDU Memarlıq və mühəndislik fakültəsinin dekanı, məsul şəxs, üzv

Hüseyn Qasimov – NDU “Elektronika və informasiya texnologiyaları” kafedrasının müdiri, məsul şəxs, üzv

Nicat Yaqubov – NDU Sosial məsələlər və ictimaiyyətlə əlaqələr üzrə prorektor, üzv

Hüseyn Əsgərli – NDU İnformasiya Texnologiyaları şöbəsinin müdiri, üzv

Məftun Əliyev – NDU “Elektroenergetika mühəndisliyi” kafedrasının müdiri, üzv

Assoc. Prof. Dr. Soner YILDIRIM - University of Prizren, Kosovo

Assoc. Prof. Dr. Dumitru GOLDBACH - Valahia University of Targoviste, Romania

Məftun İsmayilov – Fizika-riyaziyyat fakültəsinin dekanı, üzv

Vüqar Salmanov – NDU İnformatika kafedrasının müdiri, üzv

Türkan Əlibəyli – NDU “Elektronika və informasiya texnologiyaları” kafedrasının müəllimi, üzv

Səriyyə Qasimova – NDU “Elektronika və informasiya texnologiyaları” kafedrasının müəllimi, üzv

Şəfiqə İmanova – NDU “Elektronika və informasiya texnologiyaları” kafedrasının müəllimi, üzv

Səadət Zeynalova – NDU “Elektronika və informasiya texnologiyaları” kafedrasının müəllimi, üzv

Gültac Zeynalzadə – NDU “Elektronika və informasiya texnologiyaları” kafedrasının müəllimi, üzv

Səminə Rüstəмова – NDU “Elektronika və informasiya texnologiyaları” kafedrasının müəllimi, üzv

Şirzad Babayev – NDU “Elektroenergetika mühəndisliyi” kafedrasının müəllimi, üzv

Sevinc Rzayeva – NDU “Elektroenergetika mühəndisliyi” kafedrasının müəllimi, üzv

Doç. Dr. Özkan Şahin – Düzce Üniversitesi Uluslararası ve Finansman Bölümü, üzv

Doç. Dr. Serdar Biroğul – Düzce Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, üzv

Gülsüm Kərimova – Elmi fəaliyyətin təşkili və təhlili şöbəsi, üzv

Zamin Babazadə – Elmi fəaliyyətin təşkili və təhlili şöbəsi, üzv

Nahibə Əsgərova – Elmi fəaliyyətin təşkili və təhlili şöbəsi, üzv

Elmi Komitə

Akad. Rasim Əliquliyev – İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu (Azərbaycan)

Akad. Əli Abbasov – İdarəetmə Sistemləri İnstitutu (Azərbaycan)

Akad. Fikrət Əliyev – BDU Tətbiqi Riyaziyyat Elmi Tədqiqat İnstitutu (Azərbaycan)

Prof.dr. Cavanşir Zeynalov – Naxçıvan Dövlət Universiteti (Azərbaycan)

Prof.dr. İmran Əkbərov – Rusiya Federasiyası "Cənub" Universiteti (Rusiya)

Prof.dr. Rafiq Əliyev – Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Azərbaycan)

Prof.dr. Məsumə Məmmədova – İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu (Azərbaycan)

Prof.dr. Ahmet Ocak AKDEMİR – Ağrı İbrahim Çeçen Universiteti (Türkiyə)

Prof.dr. Mehmet Zeki Sarıkaya - Düzce Universiteti (Türkiyə)

Prof.dr. Resul Kara – Düzce Universiteti (Türkiyə)

Dr. Ashutosh Sharma - Institute of Management Science and Engineering, Henan University of Science and Technology, Business School, Henan (China)

Ph.Dr. Pawel Rozga - Associate Professor Lodz University of Technology, Institute of Electrical Power Engineering - Vice-Head of Development (Poland)

Prof.dr. Zərifə Cəbraylova – İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu (Azərbaycan)

Prof.dr. Ruya Şamlı – İstanbul Cərrahpaşa Universiteti (Türkiyə)

Dos.dr. Murat Karakılıç – İğdır Universiteti (Türkiyə)

Dr. Aysel Ersoy – İstanbul Cerrahpaşa Universiteti (Türkiyə)

Prof.dr. İshak Paçal – İğdır Universiteti (Türkiyə)

Dos.dr. Məftun İsmayılov – Naxçıvan Dövlət Universiteti (Azərbaycan)

Dos.dr. Məftun Əliyev – Naxçıvan Dövlət Universiteti (Azərbaycan)

PhD. Hüseyn Qasimov – Naxçıvan Dövlət Universiteti (Azərbaycan)

Dos.dr. Validə Hacıyeva - Naxçıvan Dövlət Universiteti (Azərbaycan)

Prof. Dr. Mensur NUREDİN - Vice Rector of International Vision University (Macedonia)

Prof. Dr. Hüseyn ARASLI - University of Stavanger (Norway)

Prof. Dr. Abdul Saboor GILL - Arid Agriculture University (Pakistan)

CONTENTS

SÜKAN ARXASINDAKİ ZƏKA: AVTOMOBİLLƏRDƏ AVTOMATLAŞDIRILMIŞ İDARƏETMƏ.....	1
A COMPARATIVE ANALYSIS OF VISION TRANSFORMER ARCHITECTURES FOR BREAST CANCER CLASSIFICATION IN MAMMOGRAM IMAGES	7
EVALUATING MODERN VISION TRANSFORMERS FOR PRECISION AGRICULTURE: A CASE STUDY ON APPLE LEAF DISEASES.....	19
NƏQLİYYAT SİSTEMİNİN KOMPONENTLƏRİNİN ETİBARLILIĞINI ARTIRMAQ ÜÇÜN NEYRON ŞƏBƏKƏLƏRİNƏ ƏSASLANAN GƏRGİNLİYİN PROQNOZLAŞDIRILMASI MODELƏRİ.....	29
APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EMERGING PROFESSIONS AND ITS FUTURE IMPACT ON THE LABOR MARKET.....	43
INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND REMOTE SENSING TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL MONITORING.....	56
RƏQƏMSAL MARKETİNGDƏ SÜNİ İNTELLEKT ALƏTLƏRİ.....	63
SOME NOVEL INTEGRAL INEQUALITIES FOR GEOMETRICALLY CONVEX FUNCTIONS	71
DƏYİŞTİRİLMİŞ ATANGANA-BALEANU FRAKSİONAL İNTEQRALLARLA η -QABARIQ FUNKSİYALAR ÜÇÜN YENİ İNTEQRAL BƏRABƏRSİZLİKLER	79
PSYCHOLOGICAL AND PHILOSOPHICAL-METHODOLOGICAL ASPECTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE.....	90
SÜNİ İNTELLEKTİN İDARƏETMƏDƏ ROLU.....	94
SÜNİ İNTELLEKTİN TƏCİLİ TİBB SAHƏSİNDƏ İSTİFADƏSİNİN EFFEKTİVLİYİ: 8 KLİNİKİ HAL ƏSASINDA MÜQAYİSƏLİ TƏHLİL.....	96
YENİ NƏSİL JURNALİSTLƏR VƏ SÜNİ İNTELLEKT	98
SİSTEMLİ MODELƏRDƏ OPTİMALLAŞDIRMA MƏQSƏDİLƏ VARIASIYA METODLARININ TƏTBİQİ.....	105
RİYAZİ STATİSTİKA VƏ DATA ELMI KONTEKSTİNDƏ VARIASIYA HESABININ TƏTBİQİ	108
SÜNİ İNTELLEKTİN GÜNDƏLİK HƏYATA GƏTİRDİYİ FƏLSƏFİ VƏ PSİXOLOJİ TƏSİRLƏR: POST-HUMANİST DÖVRDƏ İNSAN ŞÜURU, ŞƏXSİYYƏT KİMLİYİ VƏ MƏNƏVİ DƏYƏRLƏRƏ TƏSİRİ.....	111

MAŞIN GÖRMƏ ƏSASLI MƏHSUL KEYFİYYƏTİNƏ NƏZARƏT SİSTEMLƏRİ ÜÇÜN İNTELLEKTUAL PROQRAM TƏMİNATI	114
SÜNİ İNTELLEKTDƏN İSTİFADƏ EDƏN QIYMƏTLƏNDİRMƏ SİSTEMLƏRİNİN ÜSTÜNLÜKLƏRİ VƏ RİSKLƏRİ	117
RİYAZİ STATİSTİKA VƏ DATA ELMİ	123
AUTOMATED APPLE LEAF DISEASE CLASSIFICATION USING DEEP CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS: A COMPARATIVE STUDY ON THE PLANTVILLAGE DATASET	129
EFFECTS OF ISO/IEC 42001: 2023 ARTIFICIAL INTELLIGENCE MANAGEMENT SYSTEM ON ORGANIZATIONS.....	148
RƏQƏMSAL TİBB 4.0: PROBLEMLƏR VƏ PERSPEKTİVLƏR.....	159
MAMOQRAFİK GÖRÜNTÜLƏRİN NEYRON ŞƏBƏKƏLƏR İLƏ TƏSNİFATI MODELİNİN EFFEKTİVLİYİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ	173
THE EVOLUTION OF MACHINE LEARNING: FROM TRADITIONAL ALGORITHMS TO MODERN NEURAL NETWORK	179
SÜNİ İNTELLEKT VƏ İNSAN ZƏKASININ SİNTEZİ	184
FUZZY LOGIC FOR ADAPTIVE PRESSURE MEASUREMENT AND CONTROL.....	185
LANDSAT 8 PEYK TƏSVİRLƏRİNDƏN İSTİFADƏ ETMƏKLƏ QUBADLI RAYONUNUN TORPAQ-BİTKİ ÖRTÜYÜNÜN MƏSAFƏDƏN MÜŞAHİDƏ METODLARI İLƏ ÖYRƏNİLMƏSİ	194
SOSİAL MƏDİA RESURLARINDAKI İNFORMASIYA ƏSASINDA DƏRMANLARIN EFFEKTİVLİYİ İLƏ BAĞLI İCTİMAİ RƏYİN TƏYİNİ.....	203
TƏHSİLDƏ İNFORMASIYA TEXNOLOGİYALARININ ROLUNUN GÜCLƏNDİRİLMƏSİ.....	213
SÜNİ İNTELLEKTİN HÜCEYRƏ BİOLOGİYASINDA TƏTBİQİ.....	220
APPLICATIONS OF TRANSFORMER MODELS IN NATURAL LANGUAGE PROCESSING	226
HSK ÜZRƏ MİLLİ BAZANIN MICE METODU ƏSASINDA TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ	234
LOW HARMONIC, HIGH PERFORMANCE: A NOVEL SC-BASED MULTILEVEL INVERTER.....	243
SÜNİ İNTELLEKT VƏ KLASSİK ƏDƏBİYYAT: MÜASİR TEXNOLOGİYA İLƏ YENİDƏN KƏŞF (Füzulinin əsərləri əsasında)	255

RESNET-BASED FRAMEWORK FOR CORN LEAF DISEASE CLASSIFICATION	264
NAXÇIVAN MR-DƏ LANDŞAFT TƏDQİQATLARI ZAMANI MƏKAN VERİLƏNLƏR BAZASININ İDARƏ EDİLMƏSİ.....	279
FÖVQƏLADƏ HALLARIN İDARƏ EDİLMƏSİNDƏ PEYK GÖRÜNTÜLƏRİNİN İSTİFADƏ EDİLMƏSİ.....	285
VERİLƏNLƏR BAZASINDA METAVERİLƏNLƏRİN TƏSVİRİ.....	290
VƏTƏNDAŞ ELMİ TƏSVİRLƏRİNİN TANINMASINDA CNN VƏ SVM ARXİTEKTURALARININ MÜQAYİSƏLİ TƏHLİLİ	299
СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С ВЫЧИСЛЕННЫМИ ВЕСАМИ.....	306
ƏNƏNƏVİ ANTIVIRUS PROGRAMINA QARŞI DƏRİN ÖYRƏNMƏ	314
DERİN ÖĞRENMEDE YENİ YAKLAŞIMLAR.....	318
MAŞIN ÖYRƏNMƏDƏN DƏRİN ÖYRƏNMƏYƏ.....	331
KOMPÜTERLƏ GÖRMƏ SAHƏSİNDƏ TƏSVİRLƏRİN SEQMENTLƏŞDİRİLMƏSİNİN ÜMUMİ ANLAYIŞLARI, İNKİŞAF MƏRHƏLƏLƏRİ VƏ ONLARIN ƏHƏMİYYƏTİ	336
SÜNİ İNTELLEKTİN ENERJİ SİSTEMLƏRİNDƏ TƏTBIQ SAHƏLƏRİ VƏ ROLUNUN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ.....	344
AZƏRBAYCANIN NAXÇIVAN MUXTAR RESPUBLİKASININ ÜZÜM BAĞLARINDA SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBIQININ ELMİ NƏZƏRİ ƏSASLARI	352
DEEP LEARNING.....	361
TROP SİSTEMİNDƏ METAFORA VƏ METAFORLAŞMA	367
ƏDƏBİYYATDA RƏQƏMSAL TƏKAMÜL: SÜNİ İNTELLEKTİN POETİK KODLARI....	371
ЗАДАЧА СОСТАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ УСЛУГИ С УЧЕТОМ ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ КЛИЕНТОВ.....	377
DENSELY CONNECTED CONVOLUTIONAL NETWORKS FOR ACCURATE GRAPEVINE LEAF DISEASE DETECTION	384
SÜNİ İNTELLEKTİN FƏLSƏFİ-METODOLOJİ ASPEKTLƏRİ	400
BÜYÜK DİL MODELİ UYGULAMALARININ DAVRANIŞSAL FİNANS YAKLAŞIMI: YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ SENARYO ANALİZİ	406
AĞILLI BİNALARDA ENERJİNİN ÖZÜNÜ İDARƏ ETMƏSİNDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN İSTİFADƏSİ.....	408

TƏHSİL MÜHİTİNDƏ ÜNSİYYƏT BACARIQLARININ FORMALAŞMASINDA SÜNİ İNTELLEKTİN PSIXOLOJİ TƏSİRİ.....	420
THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON STUDENTS' PSYCHOLOGY.....	426
RƏQƏMSAL DÜNYANIN SÜNİ İNTELLEKTİ	434
MÜASİR TƏLƏBƏNİN ÖYRƏNMƏ XÜSUSİYYƏTLƏRİ	438
SÜNİ İNTELLEKTƏ ANTROPOSENTRİK YANAŞMA	446
ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУСТВЕННОГО ИНТЕЛЕКТА В ИЗУЧЕНИИ НАРОДНОГО ТВОРЧЕСТВА.....	455
SÜNİ İNTELLEKTİN ÇATIŞMAZLIQLARI: ƏSAS RİSKLƏR VƏ MƏNFİ NƏTİCƏLƏR..	462
BİOMETRİK TANIMA TEXNOLOGİYALARINDA SÜNİ İNTELLEKTİN İNQİLABI	469
KOQNİTİV PSIXOLOGİYA VƏ SÜNİ İNTELLEKT: FƏRQLƏRİ QAVRAMAQ	474
SÜNİ İNTELLEKT VƏ ROBOTOTEXNİKA: GƏLƏCƏKDƏKİ ƏMƏK BAZARI	479
KOMPÜTER TƏMİNATI ƏSASINDA TRANSMAGİSTRAL BORU KƏMƏRLƏRİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ.....	485
HUMAN-CENTERED AI (HCAI): PERSPECTIVES ON ALIGNING DIGITAL CONSCIOUSNESS.....	493
SMART WASTE MANAGEMENT.....	500
ƏDƏBİYYATDA SUNİ İNTELEKTDƏN İSTİFADƏ	507
QEYRİ-SƏLİS MƏNTİQ ƏSASLI TORPAQ VƏ BİTKİ UYGUNLUĞUNUN TƏHLİLİ	508
DIGITAL CONSCIOUSNESS AT THE EDGE: A PHILOSOPHICAL INQUIRY INTO THE REPLACEMENT OR ENHANCEMENT OF HUMAN NATURE	516
DEVELOPMENT OF INTELLIGENT ASSESSMENT SYSTEMS IN THE MODERN EDUCATIONAL ENVIRONMENT	524
AN EVALUATION OF THE INTEGRATION OF AI-POWERED VIRTUAL REALITY APPLICATIONS INTO MUSEUM EXPERIENCES.....	531
RƏQƏMSAL DÖVR İNFORMASIYA TEXNOLOGİYALARININ CƏMIYYƏTƏ VƏ BİZNESƏ TƏSİRİ	544
FİZİKADAN İLHAM ALAN SÜNİ İNTELLEKT	552
SÜNİ İNTELLEKTİN İNTERYER DİZAYNINDA TƏTBİQİ: İMKANLAR, MƏHDUDİYYƏTLƏR VƏ GƏLƏCƏK PERSPEKTİVLƏR	554
BLOKZINCIR OPTİMİZASYONU	563

A SURVEY ON THE INTEGRATION OF EXPLAINABLE AI WITH LARGE LANGUAGE MODELS.....	580
OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ KALİTE KONTROL SİSTEMLERİNİN UYGULANABİLİRLİĞİ: ÖLÇÜM VE MONTAJ SÜREÇLERİNE YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ.....	590
DƏRİN ÖYRƏNMƏ VƏ MAŞIN ÖYRƏNMƏSİ TEXNOLOGİYALARININ RƏQƏMSAL SU NİŞANLAMA SİSTEMLƏRİNDƏ TƏTBİQİ.....	592
RELIABILITY ANALYSIS OF SURFACE TRACKING METHOD USING CLASSIFICATION METHODS (SVM, RANDOM FOREST, XGBOOST) WITH WHALE SWARM OPTIMIZATION.....	596
SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİLƏ RƏQƏMSAL MÜHİTDƏ KARBON EMİSSİYALARININ OPTİMALLAŞDIRILMASI ÜSULLARININ TƏHLİLİ.....	606
RƏQƏMSAL İDARƏETMƏDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ PROBLEMLƏRİ VƏ PERSPEKTİVLƏRİ.....	615
INTELLIGENT SYNTHESIS OF STABLE CONTROL FOR A NONLINEAR SYSTEM WITH UNCERTAINTIES.....	626
RƏQƏMSAL TRANSFORMASIYA VƏ SÜNİ İNTELLEKT.....	636
KOMPÜTER GÖRMƏ SİSTEMİNDƏN İSTİFADƏ ETMƏKLƏ MƏHSULUN KEYFİYYƏTİNƏ NƏZARƏT SİSTEMİNİN İŞLƏNMƏSİ.....	642
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DIGITAL MANAGEMENT.....	649
BÖHRAN İDARƏETMƏDƏ UĞURLU MARKETİNG STRATEGİYALARI: SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ İLƏ YENİ YANAŞMALAR.....	655
RƏQƏMSAL İDARƏETMƏDƏ SÜNİ İNTELLEKT.....	659
TƏHSİLDƏ SÜNİ İNTELLEKT: QLOBAL TRENDLƏR VƏ AZƏRBAYCAN.....	665
QƏZALARIN PROQNOZLAŞDIRILMASI VƏ QARŞISININ ALINMASI ÜÇÜN SÜNİ ZƏKA MODELLƏRİ.....	670
SÜNİ İNTELLEKT VƏ KOSMOS TƏDQİQATLARINDA SIÇRAYIŞ.....	676
SÜNİ İNTELLEKT VƏ DAVAMLI ENERJİ TRANSFORMASIYASI.....	683
YAPAY ZEKANIN BÜYÜYEN KARBON AYAK İZİ.....	691
ELEKTRİKLİ NƏQLİYYAT VASİTƏLƏRİNDƏ SÜNİ İNTELLEKT VƏ İNTERNET ƏLAQƏSİNİN TƏTBİQİ MƏSƏLƏLƏRİ.....	699

RƏQƏMSAL İDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİNDƏ ŞƏBƏKƏLƏRİN SÜNİ İNTELLEKTLƏ İDARƏ OLUNMASI	710
MÜASİR KƏND TƏSƏRRÜFATINDA SU İSTİFADƏSİNİN EFFEKTİVLİYİNİN ARTIRILMASINDA SÜNİ İNTELLEKTİN ROLU	717
MAŞIN GÖRMƏ ƏSASLI MƏHSUL KEYFİYYƏTİNƏ NƏZARƏT SİSTEMLƏRİ ÜÇÜN İNTELLEKTUAL PROQRAM TƏMİNATI	723
SÜNİ İNTELLEKTİN SCADA SİSTEMLƏRİNƏ TƏTBİQİ	726
PREDICTIVE MODELING OF FLIGHT PRICING AND EXPLORATORY DATA ANALYSIS IN THE AIRLINE INDUSTRY USING MACHINE LEARNING	730
SƏNAYE 4.0 KONTEKSTİNDƏ SÜNİ İNTELLEKTLƏ İDARƏ OLUNAN PROSES NƏZARƏT SİSTEMLƏRİ.....	736
SÜNİ İNTELLEKT VƏ MƏXFİLİK: ŞƏXSİ MƏLUMATLARIN QORUNMASI PROBLEMLƏRİ.....	742
KİBERCİNAYƏTLƏRİN BİR NÖVÜ KİMİ RANSOMWARE HÜCUMLARI: ƏSAS TƏHDİDLƏR, HÜQUQİ TƏNZİMLƏMƏ VƏ MÜDAFİƏ STRATEGİYALARI.....	749
PAYLANMIŞ SİSTEMLƏRİN MEMARLIĞI VƏ ARXITEKTURA MODELLEİ	761
RƏQƏMSALLAŞDIRILMIŞ CƏMİYYƏT: “AĞILLI EV” KONTEKSTİNDƏ	767
RƏQƏMSAL İDARƏETMƏDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN ROLU	774
DÖVLƏT SEKTORUNDA RƏQƏMSAL İDARƏETMƏ: INNOVATIV MODELLEİ VƏ REAL TƏCRÜBƏLƏR.....	778
TƏBİİ DİLİN EMALINDA İSTİFADƏ OLUNAN ALQORİTMLƏR VƏ ONLARIN TƏTBİQİ METODLARI	780
SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLI SİSTEMLƏRLƏ ELEKTRON TULLANTILARIN EKOLOJİ TƏSİRLƏRİNİN AZALDILMASI VƏ EFFEKTİV ÇEŞİDLƏMƏ TEXNOLOGİYALARININ HAZIRLANMASI	788
RƏQƏMSAL İDARƏETMƏDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ VƏ GƏLƏCƏK PERSPEKTİVLƏRİ	795
AĞILLI DÜNYANIN QARANLIQ ÜZÜ: IOT CİHAZLARININ TƏHLÜKƏSİZLİK PROBLEMLƏRİ.....	801
GÖMRÜK PROSESİNDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ: EFFEKTİVLİK, TƏHLÜKƏSİZLİK VƏ GƏLƏCƏK PERSPEKTİVLƏR	812
ŞƏHƏRLƏRİN PLANLANMASI VƏ AĞILLI ŞƏHƏRLƏR.....	819

SÜNİ İNTELLEKT VƏ İQTISADIYYAT: GƏLƏCƏYİN İQTISADI İNKİŞAFI	827
SÜNİ INTELLEKT VƏ MÜASİR JURNALISTIKA	833
THE ROLE OF AI IN DIGITAL PUBLIC ADMINISTRATION	839
ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ТЕЛЕВИДЕНИИ.....	846
ANDROID VƏ İOS ƏMƏLİYYAT SİSTEMLƏRİNDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ	848
TURİZMDƏ VƏ TURİZM İŞİNİN TƏŞKİLİNDƏ SÜNİ İNTELLEKT	853
SÜNİ INTELLEKTİN İQTISADIYYATA TƏDBİQİ VƏ TƏSİRLƏRİ.....	858
ENERJİ SƏNAYESİNDƏ SÜNİ İNTELLEKT - ƏN SON TRENDLƏR, TEXNOLOJİ YENİLİKLƏR VƏ ELMİ KƏŞFLƏR	867
PILOTSUZ TEXNOLOGİYALARIN NƏQLİYYAT SEKTORUNDA ROLU	877
OPTIMIZATION OF UNCOUPLING BRAKING MODES ON SORTING SLIDES	885
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕНСОРОВ И АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ	892
SÜNİ İNTELLEKT VƏ SMARTGRID: GƏLƏCƏYİN ENERJİ SİSTEMİ	898
BİOLOGİYA DƏRSLƏRİNDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ İLƏ VIRTUAL LABORATORİYALARIN YARADILMASININ METODOLOJİ ASPEKTLƏRİ	904
İNTELLEKTUAL TƏHSİL SİSTEMİNİN QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİNDƏ MÜASİR YANAŞMALAR.....	911
AZƏRBAYCANDA SÜNİ İNTELLEKT VƏ ONUN TƏTBİQ EDİLMƏ İMKÂNLARI YÜKSƏK OLAN SAHƏLƏR	916
PASIYENTMƏRKƏZLİ TİBBİ RƏQƏMSAL ƏKİZİN ONTOLOJİ MODELİ.....	921
SÜNİ İNTELLEKTİN TƏHSİL SAHƏSİNDƏKİ ROLU: NƏZƏRİYYƏ VƏ PRAKTİK TƏTBİQLƏR.....	929
MACHINE LEARNING IN EDUCATION: A PERSONALIZED APPROACH FOR THE STUDENT OF THE FUTURE	940
ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СОВРЕМЕННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ.....	946
DISCRETE COGNITION AND DIGITAL CONSCIOUSNESS IN THE DEVELOPMENT OF ENGLISH DISCOURSE COMPETENCE AMONG STUDENTS.....	951
KALKA YOLU İLƏ AZƏRBAYCAN DİLİNƏ KEÇƏN RƏQƏMSAL TƏHSİL TERMİNLƏRİ VƏ ONLARIN TƏTBİQ SAHƏLƏRİ.....	956

TRANSFORMING EDUCATION THROUGH INTELLECTUAL INFORMATION SYSTEMS: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES	963
TİROİD VƏZİ XƏSTƏLİKLƏRİ VƏ SÜNİ İNTELLEKT	971
AZƏRBAYCANDA RƏQƏMSAL SAHİBKARLIQ ÜZRƏ KADR HAZIRLIĞI	977
SÜNİ İNTELLEKTLƏ İDARƏ OLUNAN SÜNİ ENDOKRİN SİSTEMƏ DOĞRU: HORMONAL TƏNZİMLƏMƏDƏ YENİ ERA	981
APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE HIGHER EDUCATION SYSTEM: NEW OPPORTUNITIES AND CHALLENGES.....	989
AI-DRIVEN INNOVATIONS IN MEDICAL DECISION-MAKING AND PATIENT CARE.	994
MULTİFAKTORİAL XƏSTƏLİKLƏRDƏN ŞƏKƏR XƏSTƏLİYİNİN AŞKARA ÇIXARILMASINDA SÜNİ İNTELLEKTİN ROLU	1000
THE ROLE AND INFLUENCE OF ENGLISH IN INTERNET COMMUNICATION	1007
SÜNİ İNTELLEKTƏ ƏSASLANAN TƏHSİL SİSTEMİNİN DİZAYNI VƏ TƏTBİQİ PRİNSİPLƏRİ.....	1015
TƏHSİLİN SƏRHƏDLƏRİNİ AŞAN YENİ DÖVR: METAVERS VƏ ARTIRILMIŞ REALLIQ	1021
ƏCZAÇILIQDA YENİ ERA: SÜNİ İNTELLEKTİN ƏCZAÇILIQDA TƏTBİQİ	1026
AI-ASSISTED VIRTUAL REALITY IN MEDICAL EDUCATION: IMPACTS, INNOVATIONS, AND FUTURE DIRECTIONS	1030
SÜNİ İNTELLEKT VƏ HERENTOLOJİ YAŞ QRUPLARINA MEYDANA ÇIXAN FİZİOLOJİ DƏYİŞİKLİKLƏRİN TƏDQIQI	1039
БОЛШЕБНОЕ ПРИКОСНОВЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ	1045
ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LEARNING ENGLISH.....	1051
SÜNİ İNTELLEKT SİSTEMLƏRİ VƏ VERİLƏNLƏR BAZALARININ BUZOVLARDA QEYRİ-SPEŞİFİK BRONXOPNEVMONİYANIN DİAQNOSTİKASINDA TƏTBİQİNİN ÜSTÜNLÜKLƏRİ	1056
TƏHSİL SİSTEMİNDƏ RƏQƏMSAL TRANSFORMASIYA	1066
İNNOVATİV TEXNOLOGIYANIN TƏDRİS PROSESİNDƏ TƏTBİQİ VASİTƏLƏRİ VƏ ONLARIN TƏDRİS PROSESİNƏ TƏSİRİ	1072
SÜNİ İNTELLEKT VƏ KƏND TƏSƏRRÜFATI: EV SU QUŞLARINDA HELMİNTLƏRLƏ MÜBARİZƏNİN YENİ DÖVRÜ.....	1080

İNFORMATİKA MÜƏLLİMLƏRİNİN RƏQƏMSAL STRATEGİYALARI	1087
ÜZVİ SİNTEZDƏ SÜNİ İNTELLEKT	1093
UŞAQLAR DA OLAN XƏRÇƏNG XƏSTƏLİYİNƏ SÜNİ İNTELLEKT TƏTBİQ ETMƏK	1099
INNOVATIVE MANAGEMENT AS A BASIS FOR IMPROVING THE QUALITY OF EDUCATION	1110
SÜNİ İNTELLEKT VƏ TƏHSİL.....	1116
HOW DO CONTEMPORARY STUDIES ON THE USE OF AVATAR THERAPY LAY THE FOUNDATION FOR FUTURE TREATMENTS OF MENTAL HEALTH DISORDERS?.....	1117
SÜNİ İNTELLEKTİN İQLİM DƏYİŞMƏSİ İLƏ MÜBARİZƏDƏ ROLU.....	1128
FİZİKADA SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ	1135
THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES ON STRENGTHENING STUDENTS' SCIENTIFIC AND RESEARCH POTENTIAL	1142
THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN TEACHER TRAINING WITHIN THE CONTEXT OF THE ACMEOLOGICAL APPROACH	1149
SÜNİ İNTELLEKT VƏ MEDIA İNTEQRASIYASI: İMKANLAR, ÇƏTİNLİKLƏR VƏ ETİK TƏSİRLƏR	1157
SDN ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLI MONİTORİNGİN VƏ DƏRİN ÖYRƏNMƏ ALQORİTMLƏRİNİN TƏHLİLİ VƏ QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ	1166
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ «УМНОГО ЗДАНИЯ» В ОРГАНИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ БИБЛИОТЕЧНЫХ УСЛУГ	1176
MÜASİR TƏHSİL TEXNOLOGİYALARINA İNTELLEKTUAL SİSTEMLƏRİN İNTEQRASIYASI.....	1183
TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞINDA MOBİL PLAKA TƏSPİT VE BİLGİLƏNDİRME SİSTEMİ.....	1189
SÜNİ İNTELLEKT VƏ TƏHSİL: İMKANLAR VƏ RİSKLƏR	1191
SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLI ÇATBOTLARIN TƏHSİL VƏ BİZNES SEKTORLARINDAKI TƏTBİQLƏRİ	1200
ƏLİLLİYİ OLAN ŞƏXSLƏR ÜÇÜN SOSIAL XİDMƏTLƏRDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ: YENİ PERSPEKTİVLƏR VƏ EHTİYACLAR.....	1206
ORTA MƏKTƏBDƏ BİOLOGİYA DƏRSLƏRİNİN TƏDRİSİNDƏ İNNOVATİV TEXNOLOGİYALARDAN İSTİFADƏ.....	1212

MİNGƏÇEVİR DÖVLƏT UNIVERSİTETİNDƏ BULUD TEXNOLOGİYALARININ VƏ DİSTANT TƏHSİLİN TƏTBİQİ VƏ İNKİŞAF PERSPEKTİVLƏRİ.....	1219
İQTİSADİYYATDA İNTELLEKTUAL İNFORMASIYA SİSTEMLƏRİ.....	1224
THE ANALYSIS OF NATURAL LANGUAGE PROCESSING (NLP)-BASED CYBERSECURITY ATTACKS BY MACHINE LEARNING ALGORITHMS.....	1232
SÜNİ İNTELLEKT: NƏZƏRİYYƏDƏN PRAKTİKAYA.....	1241
LAYİHƏNİN İDARƏ EDİLMƏSİNDƏ RİSKLƏRİN ANALİZİ	1249
ANALYSIS OF JUICES BY INFRARED SPECTROSCOPY (IR) METHODS AND USING DATA SCIENCE FOR PREDICTION.....	1255
BOZKURT OPTİMİZASYONU ALGORİTMASININ ADAPTİF UYGUNLUK MESAFƏ DENGESİ YÖNTEMİ İLE GELİŞTİRİLMESİ.....	1260
BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS IN THE FIELD OF SPORTS USING THE FUZZY LOGIC APPROACH: A THEMATIC REVIEW BASED ON THE WEB OF SCIENCE (WOS).....	1278
FUZZY LOGIC APPROACH IN DETERMINING ATTACK PERFORMANCE VALUES OF FORWARD PLAYERS; FOOTBALL STUDY EXAMPLE.....	1281
DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SMART CONTROL PLATFORMS FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE	1291
A FUZZY APPROACH TO DATA PREDICTION IN QMS	1297
HERMITE-HADAMARD TYPE INEQUALITIES FOR s -CONVEX FUNCTIONS VIA VARIABLE ORDER FRACTIONAL INTEGRALS.....	1304
PROTECTION AGAINST DIGITAL ATTACKS IN CYBER SECURITY SYSTEMS.....	1315
ÇBAG TABANLI RÜZGAR ÇİFTLİĞİNDE ALT SENKRON REZONANS ETKİSİNİ AZALTMAK İÇİN ESK MODELİN RTE DEVRESİNDE GELİŞTİRİLMESİ	1318
PREDICTING THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON INSECT GENETIC DIVERSITY USING BIOINFORMATIC AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPROACHES.....	1319
IN NAVIGATION TECHNOLOGIES, THE WIDESPREAD USE OF 3D NAVIGATION SYSTEMS AND 3D MAPS	1328
SƏNAYE 4.0-DA DATA ANALİTİKASININ ROLU	1335
NEYRƏŞƏBƏKƏLƏRİN OPTİMALLAŞDIRILMASI VƏ TƏLİM STRATEGİYALARI	1343
KİBERTƏHLÜKƏSİZLİKDƏ NEYRON ŞƏBƏKƏLƏRİN TƏTBİQİ.....	1348

AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE IMPACT OF JPEG ARTIFACTS ON YOLOV5-BASED OBJECT DETECTION	1355
SƏNAYE 4.0 VƏ SÜNİ İNTELLEKT: AVTOMATLAŞDIRMANIN YENİ DÖVRÜ	1367
BLOCKCHAIN BASED IDENTITY AUTHORIZATION SYSTEM: SECURE IDENTITIES	1375
PİLOTSUZ UÇUŞ APARATLARIN MÜŞAHİDƏ İMKANLARININ TƏDQİQ EDİLMƏSİ.	1386
SÜNİ İNTELLEKT VƏ HÜQUQ: İMKANLAR VƏ RİSKLƏR	1392
SÜNİ İNTELLEKTİN ELEKTRON İMZADA ROLU	1399
SÜNİ İNTELLEKTDƏ EMOSİONAL ZƏKANIN İNKİŞAFI VƏ İNSAN PSİXOLOGİYASINA TƏSİRİ.....	1407
SOME NOVEL ESTIMATIONS FOR DIFFERENT KINDS OF CONVEX FUNCTIONS VIA MODIFIED ATANGANA-BALEANU INTEGRAL OPERATORS	1414
GÜÇ TRAFOLARI KATI YALITKAN YÜZEYİNDEKİ DEŞARJLARIN YAPAY ZEKA İLE DEĞERLENDİRİLMESİ	1426
THE PREDICTION OF CASING RUNNING DRAG LOADS USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES.....	1435
FROST RISK, IRRIGATION AND FERTILIZATION OPTIMIZATION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE SUPPORTED AGRICULTURAL SYSTEMS.....	1441
IoT AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE SUPPORTED SMART SYSTEM DESIGN TO INCREASE PRODUCTIVITY IN AGRICULTURE.....	1455
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ПРАКТИКЕ ВРАЧА-ДЕРМАТОЛОГА.....	1469
SÜNİ İNTELLEKTİN MİLLİ KİMLİK VƏ MƏDƏNİ DƏYƏRLƏRƏ TƏSİRİ: YENİ ÇAĞIRIŞLAR VƏ İMKANLAR.....	1470

SÜKAN ARXASINDAKI ZƏKA: AVTOMOBİLLƏRDƏ
AVTOMATLAŞDIRILMIŞ İDARƏETMƏ
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17203797>

Asəf ƏLİYEV

aliyevasef@ndu.edu.az

Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

XÜLASƏ

Avtomobillərin sükan arxasında insan müdaxiləsi olmadan hərəkət edə bilməsi artıq fantastika deyil, real mühəndislik nailiyyətidir. Bu məqalə, avtonom nəqliyyat vasitələrinin əsas texnoloji təməlini təşkil edən süni intellekt və sensor sistemlərinin birgə tətbiqini hərtərəfli şəkildə təhlil edir. Xüsusilə maşın öyrənməsi, kompüter görməsi və dərin neyron şəbəkələri kimi süni intellekt texnologiyalarının radar, LiDAR, kamera və GPS əsaslı sensorlarla birlikdə ətraf mühitin qavranması, lokallaşdırma, qərarvermə və hərəkətə nəzarət sistemlərindəki roluna diqqət yetirilir. Bu texnologiyalar sayəsində avtonom avtomobillər mürəkkəb və dinamik mühitlərdə təhlükəsiz şəkildə hərəkət edə, real vaxt rejimində riskləri qiymətləndirə və qərar verə bilirlər. Məqalədə həmçinin dərin öyrənmə arxitekturaları (YOLO, U-Net, PilotNet), sensorların birləşdirilməsi metodları (Kalman filtrləri, dərin sensor birləşməsi) və trayektoriya planlaşdırması alqoritmləri (A, RRT*, DP) ətraflı izah olunur. SAE International tərəfindən müəyyən edilmiş 0-dan 5-ə qədər avtomatlaşdırma səviyyələri bu sahədəki texnoloji irəliləyişin sistemli bir çərçivədə başa düşülməsinə imkan verir. Bununla yanaşı, federated learning, edge computing və V2X kommunikasiya texnologiyaları gələcəkdə daha təhlükəsiz, adaptiv və effektiv avtonom sistemlərin inkişafına şərait yaradacaqdır. Məqalə həm texnoloji inkişafların, həm də qarşıda duran elmi və etik problemlərin dərin təhlilini təqdim edərək bu sahəyə maraq göstərən tədqiqatçılar və mühəndislər üçün faydalı bir resurs təşkil edir.*

Açar sözlər: *avtonom nəqliyyat vasitələri, sükan arxasında zəka, süni intellekt, elektromaqnit dalğaları, sensor texnologiyaları*

Müasir texnologiyanın sürətli inkişafı nəqliyyat sektorunda da köklü dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Bu dəyişikliklərin başında avtomobillərdə avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinin tətbiqi dayanır. Avtomatik idarəetmə və süni zəka texnologiyaları artıq tək-cə gələcəyin ideyası deyil, bu günün reallığıdır.

Avtonom nəqliyyat vasitələri XXI əsrin ən mühüm mühəndislik çağırışlarından biri hesab olunur. Əvvəlki nəzarət sistemləri əsasən mexaniki və klassik alqoritmlərə əsaslansa da, SAE (Society of Automotive Engineers) standartlarına görə 3-5 səviyyəli avtomatlaşdırmaya çatmaq üçün avtomobillər dinamik, mürəkkəb mühitləri anlayaraq real vaxtda qərarlar verməlidirlər. Bu isə insan idrakının imkanlarını təqlid edən süni intellekt və sensor texnologiyalarının inteqrasiyası ilə mümkün olur (Grigorescu, 2020, s. 363).

Avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinin ideyası ilk dəfə XX əsrin ortalarında ortaya çıxsada, praktiki tətbiqlər 2000-ci illərdən sonra geniş vüsət almışdır. Bu texnologiyanın inkişaf mərhələləri SAE tərəfindən müəyyən olunmuş 0-dan 5-ə qədər olan səviyyələr əsasında izah edilir [2]:

Səviyyə 0: Tam əl ilə idarəetmə, heç bir avtomatlaşdırma yoxdur.

Səviyyə 1: Sürücünün müəyyən vəzifələrdə (məsələn, tempomat) avtomobilin idarə edilməsinə kömək edən bir sistem.

Səviyyə 2: Yarı-avtomatik idarəetmə (məsələn, Teslanın Autopilot sistemi), sürücü nəzarət etməli olsa da, avtomobil müəyyən hallarda idarə edə bilər.

Səviyyə 3: Tam avtomatlaşdırma, lakin sürücü müəyyən hallarda müdaxilə etməli ola bilər.

Səviyyə 4: Avtomobil müəyyən şəraitdə tamamilə özbaşına idarə olunur, sürücü müdaxilə etməyə ehtiyac yoxdur.

Səviyyə 5: Tam avtomatlaşdırılmış idarəetmə, sürücü və ya fiziki müdaxilə olmadan avtomobil hər zaman idarə edə bilər.

Bu səviyyələr texnologiyanın təkamülünü və qarşıdakı inkişaf potensialını göstərməkdədir. Hazırda bir çox qabaqcıl avtomobil istehsalçıları 2-ci və 3-cü səviyyəli idarəetmə texnologiyalarını kommersiyalaşdırmışdır.

Avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri müxtəlif texnoloji komponentlərə əsaslanır. Bu sistemlərə sensorlar və kameralar daxildir ki, onlar radar, lidar, GPS və ultrasonik sensorlar vasitəsilə ətraf mühiti qavramağa imkan verir. Toplanan məlumatlar mərkəzi idarəetmə bloku tərəfindən analiz olunur və bu analiz əsasında qərarlar qəbul edilir. Daha sonra aktuatorlar bu qərarları fiziki hərəkətlərə çevirir, məsələn sükunun döndərilməsi, əyləcin və qazın tənzimlənməsi kimi funksiyaları yerinə yetirir. Süni intellekt və maşın öyrənməsi texnologiyaları isə yol nişanlarının tanınması, piyadaların təhlili və potensial təhlükələrin proqnozlaşdırılması üçün istifadə olunur. Bütün bu komponentlər birgə işləyərək avtomobilin insan müdaxiləsi olmadan təhlükəsiz şəkildə hərəkət etməsinə şərait yaradır.

Avtomatlaşdırılmış idarəetmənin texnoloji əsasları şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1. Avtomatlaşdırılmış idarəetmənin texnoloji əsasları

Maşın öyrənməsi, xüsusilə dərin öyrənmə, avtomatlaşdırılmış nəqliyyat vasitəsi sistemlərində ətraf mühitin qavranılması və hərəkətin planlaşdırılması üçün əsas vasitə hesab olunur. Bu sahədə konvolüsyon neyron şəbəkələri (CNN) kameralar tərəfindən toplanan

vizual məlumatların təhlilində geniş tətbiq olunur. Obyektin tanınması sahəsində YOLO, Faster R-CNN və SSD kimi modellər real vaxt rejimində piyadaları, avtomobilləri, yol nişanlarını və digər obyektləri aşkar etmək qabiliyyətinə malikdir. Vizual sahənin piksel səviyyəsində təhlilini təmin etmək üçün isə U-Net və DeepLab arxitekturalarından istifadə olunur. Bundan əlavə, son-dan-sona öyrənmə (End-to-End Learning) yanaşmasında, məsələn, NVIDIA-nın PilotNet modeli vizual məlumatlardan birbaşa sükan əmrləri yaratmaqla ənənəvi planlaşdırma modullarına ehtiyacı aradan qaldırır (Bojarski, 2016, s. 2).

Gücləndirici öyrənmə (reinforcement learning) və imitasiya əsaslı öyrənmə üsulları avtomatlaşdırılmış nəqliyyat vasitələrinə müxtəlif situasiyalarda ən optimal qərarları qəbul etməyə imkan yaradır. Bu yanaşmalarda mükafat əsaslı qərarvermə mühüm rol oynayır və simulyasiya mühitində təlim almış agentlər təhlükəsizlik və rahatlıq balansını qoruyaraq səmərəli naviqasiya strategiyaları qururlar. Eyni zamanda, insan davranışının təqlidi üçün invers gücləndirici öyrənmədən (IRL) istifadə olunur ki, bu da insan sürücülərinin davranışlarını modelləşdirməyə imkan verir (Grigorescu, 2020, s. 364). Trayektoriya planlaşdırması sahəsində isə A^* , RRT^* və dinamik proqramlaşdırma kimi alqoritmlərdən geniş şəkildə istifadə olunur (Paden, 2016, s. 41).

Avtonom nəqliyyat vasitələri ətraf mühiti tanımaq üçün müxtəlif sensor texnologiyalarından istifadə edirlər. LiDAR (Light Detection and Ranging-İşıq aşkarlama və məsafə ölçmə texnologiyasıdır) texnologiyası lazer impulsları vasitəsilə yüksək dəqiqlikli üçölçülü (3D) mühit xəritəsi yaradır və dərinlik məlumatının dəqiqliyi ilə obyekt konturlarını düzgün aşkar etmə qabiliyyətinə malikdir, lakin yüksək qiyməti və pis hava şəraitində performansının zəifləməsi onun əsas məhdudiyyətlərindəndir. Radar elektromaqnit dalğaları vasitəsilə obyektlərin məsafəsini və sürətini müəyyənləşdirir, pis hava şəraitində etibarlı olsa da, məkan dəqiqliyi nisbətən aşağıdır. Kameralar isə rəngli görüntülərlə vizual məlumat təqdim edir və yol nişanlarının, işıqforların və piyadaların aşkarlanmasında geniş istifadə olunur, lakin işıq dəyişmələrinə qarşı həssaslığı və yüksək hesablama gücü tələbi ilə çətinlik yarada bilər. Ultrasonik sensorlar isə qısa məsafəli obyektlərin aşkarlanmasında istifadə olunur və əsasən avtomatik park etmə və yaxın məsafədə manevr imkanları üçün tətbiq edilir.

Sensorların birləşdirilməsi (sensor fusion) avtonom nəqliyyat vasitələrində bir neçə fərqli sensor növünün məlumatlarını bir araya gətirməklə daha dəqiq və etibarlı ətraf mühit qavrayışı təmin edir. Bu sahədə Kalman və uzadılmış Kalman filtrləri GPS, IMU və odometriyadan gələn məlumatları birləşdirərək avtomobilin dəqiq mövqeyini müəyyənləşdirməyə kömək edir. Bayes filtrləri və ehtimal modelləri isə çoxmənbəli məlumatları ehtimal paylanmalarına əsaslanaraq birləşdirir və bu yolla sistemin qeyri-müəyyənliklərə qarşı davamlılığını artırır. Dərin sensor birləşdirilməsi isə konvolüsiya və rekkurent neyron şəbəkələri (CNN və RNN) vasitəsilə LiDAR, radar və kamera məlumatlarını eyni neyron şəbəkə daxilində inteqrasiya edərək daha güclü və adaptiv qavrama sistemlərinin formalaşmasına imkan verir (Chen, 2017, s.6530).

Avtomobildəki qavrama prosesi bir neçə mərhələdən ibarətdir. Əvvəlcə sensorlar vasitəsilə məlumatlar toplanır, daha sonra bu məlumatlar ilkin emal mərhələsində filtrlənir və sinxronizasiya olunur. Ardınca xüsusiyyətlərin çıxarılması və obyektlərin aşkarlanması

mərhələsi həyata keçirilir. Növbəti mərhələdə isə səhnənin ümumi mənzərəsi formalaşdırılır və digər obyektlərin mümkün hərəkət trayektoriyaları proqnozlaşdırılır. Bütün bu proseslər real vaxt rejimində baş verməli və sistemin gecikməsi minimum səviyyədə olmalıdır.

Avtonom nəqliyyat vasitələrinin inkişafında bir sıra problemlər və elmi çağırışlar mövcuddur. Sensor etibarlılığı və ehtiyat sistemlər baxımından, müxtəlif hava və işıqlandırma şəraitlərində davamlı fəaliyyət göstərə bilən çoxsensorlu ehtiyat mexanizmlərinin tətbiqi vacibdir. Nadir hallar və ümumi öyrənmə məsələsində, süni intellekt modelləri təlim zamanı rast gəlinməyən situasiyalarda səhvlərə yol verə bilər, lakin sintetik məlumatların yaradılması və transfer learning bu problemi müəyyən dərəcədə azalda bilər. Açıqlanabilirlik və etibar sahəsində, süni intellektin qəbul etdiyi qərarların insan tərəfindən başa düşülə bilən formada izah olunması ("Explainable Artificial Intelligence", yəni "Açıqlanabilən Süni İntellekt") sistemə olan etimadı artırır, lakin bu sahədəki inkişaf hələ ilkin mərhələdədir. Nəhayət, hesablama səmərəliliyi də mühüm məsələdir, çünki real vaxt rejimində süni intellektin işləməsi yüksək hesablama gücü tələb edir və bu ehtiyacları ödəmək üçün GPU, TPU və neyron prosessorlar geniş şəkildə istifadə olunur.

Gələcəkdə V2X (avtomobilin ətrafdakı digər obyektlərlə (avtomobillər, yol infrastruktur, piyadalar və şəbəkələr) real vaxtda məlumat mübadiləsi aparmasına imkan verən kommunikasiya texnologiyasıdır) kommunikasiya, kənar öyrənmə (edge computing) və paylanmış öyrənmə (federated learning) sistemləri Avtonom Nəqliyyat Vasitəsi texnologiyasının daha da inkişafına təkan verəcək. V2X texnologiyası vasitəsilə avtomobillər infrastruktur, digər avtomobillər və piyadalarla əlaqə quraraq ətraf mühiti daha geniş qavrama imkanına malik olacaqlar. Federated learning texnologiyası isə avtomobillər arasında məlumat paylaşmadan, modelin birgə öyrədilməsi yolu ilə məxfilik və məlumat təhlükəsizliyini qoruyacaq. Eyni zamanda, CARLA və LGSVL kimi realistik simulyatorlar sayəsində riskli vəziyyətlər təhlükəsiz şəkildə sınaqdan keçirilə biləcək (Grigorescu, 2020, s. 370).

Nəticə

Süni intellekt və sensor texnologiyalarının inteqrasiyası ilə formalaşan avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri gələcəyin nəqliyyat sistemlərini formalaşdırmaqda əsas rol oynayır. Bu sistemlər təkcə texnoloji yenilikləri deyil, eyni zamanda mühəndislik, etika və hüquqi sahələrdə də yeni çağırışları gündəmə gətirir. Maşın öyrənməsi və dərin neyron şəbəkələri vasitəsilə avtomobillər real dünyanı qavrayaraq mürəkkəb situasiyalarda müstəqil qərar vermə qabiliyyəti əldə edirlər. Sensor birləşməsi, trayektoriya planlaşdırması və qərarvermə alqoritmləri bu sistemlərin təhlükəsizliyini və effektivliyini artırır. Lakin bu texnologiyaların tətbiqi bir sıra mühüm problemlərlə qarşı-qarşıyadır. Sensor etibarlılığı, nadir və ekstremal hallarda qərarvermə bacarığı, sistemin izah oluna bilməsi, real vaxt hesablama səmərəliliyi və etik-hüquqi məsuliyyət məsələləri hazırkı tədqiqatların əsas istiqamətləridir. Avtonom nəqliyyat vasitələrinin genişmiqyaslı istifadəsi üçün bu problemlərin elmi yanaşmalarla həll edilməsi zəruridir. Gələcəkdə V2X kommunikasiya sistemləri sayəsində avtomobillər yalnız öz sensorlarına deyil, ətraf infraqururkura və digər nəqliyyat vasitələrinə də güvənərək daha geniş əhatəli qavrama əldə edəcək. Eyni zamanda, federated learning və edge computing kimi yanaşmalar həm məlumat təhlükəsizliyini qoruyacaq, həm də real

vaxtda hesablama səmərəliliyini artıracaq. SAE International tərəfindən müəyyənləşdirilmiş avtomatlaşdırma səviyyələri bu texnologiyaların təkamülünü qiymətləndirmək üçün sisteməlik çərçivə təqdim edir.

Nəticə etibarilə, sükan arxasındakı zəka yalnız texniki bir yenilik deyil, eyni zamanda daha təhlükəsiz, davamlı və ağıllı nəqliyyat sistemlərinə doğru bir keçid nöqtəsidir. Bu sahədəki tədqiqat və inkişafların davam etməsi, həm texnoloji, həm də cəmiyyət baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır.

ƏDƏBİYYAT

1. Grigorescu, S., Trasnea, B., Cocias, T., & Macesanu, G. (2020). A Survey of Deep Learning Techniques for Autonomous Driving. *Journal of Field Robotics*, 37(3), 362-386.
2. SAE International. (2018). Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. SAE Standard J3016.
3. Bojarski, M., Del Testa, D., Dworakowski, D., Firner, B., Flepp, B., Goyal, P., ... & Zhang, X. (2016). End to End Learning for Self-Driving Cars. *arXiv preprint arXiv:1604.07316*. 9 p.
4. Paden, B., Cap, M., Yong, S. Z., Yershov, D., & Frazzoli, E. (2016). A Survey of Motion Planning and Control Techniques for Self-Driving Urban Vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 1(1), 33-55.
5. Chen, X., Ma, H., Wan, J., Li, B., & Xia, T. (2017). Multi-View 3D Object Detection Network for Autonomous Driving. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 6526-6534.

ABSTRACT

INTELLIGENCE BEHIND THE WHEEL: AUTOMATED DRIVING IN VEHICLES

The ability of vehicles to move without human intervention behind the wheel is no longer science fiction but a real engineering achievement. This article provides a comprehensive analysis of the combined application of artificial intelligence and sensor systems that form the technological foundation of autonomous vehicles. Special focus is given to the role of AI technologies such as machine learning, computer vision, and deep neural networks in environmental perception, localization, decision-making, and motion control systems when integrated with radar, LiDAR, camera, and GPS-based sensors. Thanks to these technologies, autonomous vehicles can safely navigate complex and dynamic environments, assess risks in real time, and make decisions. The article also thoroughly explains deep learning architectures (YOLO, U-Net, PilotNet), sensor fusion methods (Kalman filters, deep sensor fusion), and trajectory planning algorithms (A, RRT*, DP). The SAE International's classification of automation levels from 0 to 5 provides a systematic framework for understanding technological progress*

in this field. Additionally, federated learning, edge computing, and V2X communication technologies are expected to foster the development of safer, more adaptive, and efficient autonomous systems in the future. By offering an in-depth analysis of both technological advances and the scientific and ethical challenges ahead, the article serves as a valuable resource for researchers and engineers interested in this domain.

Keywords: *autonomous vehicles, intelligence behind the wheel, artificial intelligence, electromagnetic waves, sensor technologies*

РЕЗЮМЕ

ИНТЕЛЛЕКТ ЗА РУЛЕМ: АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ В АВТОМОБИЛЯХ

Способность автомобилей передвигаться без вмешательства человека за рулем уже не фантастика, а реальное инженерное достижение. В данной статье всесторонне анализируется совместное применение искусственного интеллекта и сенсорных систем, лежащих в основе автономных транспортных средств. Особое внимание уделяется роли технологий ИИ - таких как машинное обучение, компьютерное зрение и глубокие нейронные сети - в системах восприятия окружающей среды, локализации, принятия решений и управления движением при использовании сенсоров на основе радара, LiDAR, камеры и GPS. Благодаря этим технологиям автономные автомобили могут безопасно передвигаться в сложных и динамичных условиях, оценивать риски в режиме реального времени и принимать решения. Также подробно рассматриваются архитектуры глубокого обучения (YOLO, U-Net, PilotNet), методы слияния сенсоров (фильтры Калмана, глубокое сенсорное объединение) и алгоритмы планирования траектории (A^* , RRT, DP). Уровни автоматизации от 0 до 5, определённые SAE International, позволяют системно понять технологический прогресс в этой области. Кроме того, технологии федеративного обучения, edge computing и V2X-коммуникации будут способствовать развитию более безопасных, адаптивных и эффективных автономных систем в будущем. Статья представляет собой ценный ресурс для исследователей и инженеров, интересующихся как технологическим развитием, так и научными и этическими вызовами в данной сфере.*

Ключевые слова: *автономные транспортные средства, интеллект за рулём, искусственный интеллект, электромагнитные волны, сенсорные технологии*

A COMPARATIVE ANALYSIS OF VISION TRANSFORMER ARCHITECTURES FOR BREAST CANCER CLASSIFICATION IN MAMMOGRAM IMAGES

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17203887>

Yigitcan CAKMAK¹

Cakmak02273@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-7227-9182>

Ishak PACAL¹

Ishak.pacal@igdir.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-6670-2169>

¹Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Igdir University, 76000, Igdir, Turkey

Abstract

Breast cancer represents a significant global health challenge wherein early diagnosis is of vital importance, and mammography serves as the primary imaging modality in this process. However, the interpretation of mammograms can pose considerable challenges for radiologists. Accordingly, this study presents a comparative analysis of four distinct Vision Transformer (ViT)-based deep learning architectures Swin-Base, ViT-Base, DeiT-Base, and Beit-Base for the classification of breast cancer from mammogram images as either benign or malignant. Experimental analyses conducted on a publicly available mammography dataset revealed that the DeiT-Base model exhibited superior performance, achieving an accuracy of 75.29% and an F1-score of 70.48%. The success of DeiT-Base underscores the critical role of data-efficient strategies, such as knowledge distillation, in enhancing the effectiveness of Transformer models on limited medical datasets. These results suggest that Transformer-based architectures provide a promising foundation for developing robust decision-support systems aimed at augmenting the diagnostic accuracy of radiologists in the early detection of breast cancer.

Key Words: Breast Cancer, Deep Learning, Vision Transformer (ViT), Mammography

1. Introduction

Cancer is a complex pathology that arises from the failure of cellular regulatory mechanisms and constitutes one of the most significant challenges in modern medicine [1]. This disease is fundamentally characterized by the uncontrolled proliferation and differentiation of cells, triggered by genetic mutations [2,3]. Unlike normal cells that complete their life cycle, cancerous cells resist apoptosis (programmed cell death) signals, leading to continuous proliferation and the formation of tumor masses through a process known as tumorigenesis [4,5]. These primary tumors can enter the blood or lymphatic circulation via the metastatic cascade, spreading to distant parts of the body and forming secondary tumors that impair the function of vital organs [6,7]. Defined as a global health problem by the World Health Organization (WHO), cancer is among the leading causes of mortality worldwide, threatening millions of lives each year [8,9]. In this context, in addition to understanding the molecular basis of the disease, improving the diagnostic process, particularly to ensure early-stage

detection, is considered an indispensable strategy for increasing treatment success and elevating survival rates [10,11].

Within this broad oncological spectrum, breast cancer holds particular significance, as epidemiological data confirm it has the highest incidence among women [12,13]. This disease, which develops through the interaction of genetic predisposition, hormonal imbalances, and various environmental factors, is one of the cancer types that exhibits a highly favorable response to treatment when diagnosed at an early stage [14]. The detection of a tumor at an early stage, when it is localized and small, allows for less invasive treatment options and increases five-year survival rates to over 90% [15–19]. Mammography, regarded as the "gold standard" for the early diagnosis of breast cancer, is an imaging method that uses low-dose X-rays to detect non-palpable lesions and microcalcification clusters, which can be a precursor sign of cancer [20–22]. However, the interpretation of mammographic images is a subjective process that is largely dependent on the radiologist's experience, attention, and cognitive factors [23]. This subjectivity can lead to false negative or false positive results, causing treatment delays, unnecessary biopsies, and patient anxiety [24,25]. Consequently, these challenges in mammographic analysis and the limitations rooted in human factors underscore the evident need for objective, consistent, and reliable computer-aided decision support systems to enhance diagnostic accuracy.

In the field of artificial intelligence (AI), paradigm shifts, particularly in deep learning models, have had a transformative impact on medical sciences, especially in medical image analysis. Vision Transformer (ViT) architectures, which have gained prominence in recent years by moving beyond traditional Convolutional Neural Networks (CNNs), are distinguished by their superior ability to understand long-range dependencies and global context in an image through self-attention mechanisms. The success of AI in clinical applications [26] has been demonstrated across a wide spectrum, from the segmentation of brain tumors in neuroradiology [27–29] and the early detection of lung cancer in thoracic imaging [30,31], to the diagnosis of pathologies in dental radiography [32,33] and the classification of malignancies in urology [34–36]. This study aims to apply this advanced AI potential to the mammographic diagnosis of breast cancer, one of the most critical areas in women's health [37–39]. To this end, the objective is to classify lesions in mammogram images as benign (0) or malignant (1) using four different transformer-based architectures known for their high performance in the literature: Swin Transformer (Swin Base), Vision Transformer (ViT Base), Data-efficient Image Transformer (DeiT Base), and BEiT (BEiT Base). The ultimate goal of this work is to comprehensively compare the performance of these models to identify the most effective approach that can offer a powerful second opinion and decision support system, thereby augmenting the diagnostic accuracy of radiologists.

2. Related Works

Recent literature in the field of automated mammogram analysis indicates a significant paradigm shift from traditional Convolutional Neural Networks (CNNs) to Vision Transformers (ViTs) and hybrid architectures. These next-generation models are gaining traction primarily due to their superior ability to model long-range dependencies within images. This trend is evident in studies presenting comparative analyses of different architectures. For

instance, Manigrasso et al. [40] compared transformer-based and graph-based architectures against state-of-the-art multi-view CNNs in a weakly-supervised setting. They concluded that while transformer-based models generally exhibit higher performance, an ensemble approach is superior to a single winner-takes-all model, as each architecture is sensitive to different mammographic features, making them complementary. Similarly, Abimouloud et al. [41] compared three distinct ViT variants (ViT, CCT, TViT), demonstrating that the Compact Convolutional Transformer (CCT), which combines convolutional and attention mechanisms, achieved outstanding performance with an accuracy of 99.92% at a low computational cost.

Another dominant trend in the literature is the development of hybrid models that synergize the hierarchical feature extraction power of CNNs with the contextual understanding capabilities of ViTs. Khan et al. [42] introduced a novel hybrid deep learning technique that combines CNN backbones like ResNet50 and EfficientNetB1 with a ViT-L16. This approach refines the features extracted by the CNNs in a Transformer layer, outperforming the state-of-the-art classifier with an accuracy of 98.08%. Adopting a different hybrid strategy, Chen and Martel [43] proposed a two-stage model to address the challenges of high-resolution mammograms and small regions of interest (ROIs). Their model first uses a Swin Transformer to select informative patch regions and then employs a CNN to extract fine-grained features from these selected patches. Likewise, Mansour et al. [44], in their hybrid model named MammoViT, used ResNet50 as a feature extractor and processed these features with a ViT to tackle challenges such as multi-class BIRADS categorization and class imbalance, achieving an accuracy of 97.4%. Finally, some studies have focused on specific challenges inherent to mammography. Emphasizing the importance of multi-view analysis, Sarker et al. [45] argued that traditional methods lose inter-view correlations and proposed an innovative multi-view network based exclusively on transformers (MV-Swin-T). Their novel shifted window-based dynamic attention block aims to fill a significant gap in the field by effectively integrating information from different views at the spatial feature map level.

3. Methods and Methodology

3.1 Dataset

The experimental foundation of this study is the "Breast Cancer Detection" dataset, a publicly accessible corpus of pathologically confirmed mammogram images available on the Kaggle platform [46]. This dataset, comprising a total of 3383 images, includes 2225 benign (Class 0) and 1158 malignant (Class 1) samples, providing a rich basis for the proposed deep learning models to learn complex tissue patterns and distinctive pathological features. To ensure methodological consistency and the reproducibility of results, the dataset was partitioned into three independent subsets using a stratified sampling approach: 70% for training (2367 images), 15% for validation (506 images), and 15% for testing (510 images). This strategic partitioning is intended to enable the training set to effectively learn model parameters, the validation set to be used for hyperparameter optimization and monitoring for overfitting, and the test set to provide a final, unbiased evaluation of the trained model's generalization capability. It was ensured that the class distribution in each subset faithfully mirrors the proportions of the original dataset, with quantitative details of this partitioning presented in Table 1.

Table 1. Distribution of Benign and Malignant classes across training, validation, and test datasets

Classes	Train	Validation	Test	Total
Benign	1557	333	335	2225
Malignant	810	173	175	1158
Total	2367	506	510	3383

Figure 1 presents representative mammogram images from the dataset used in this study, illustrating the two fundamental classes Benign and Malignant. This figure is organized to visually compare the typical morphological differences between the two classes. The benign cases, shown in the top row, generally include masses with more regular, round, or oval morphologies and sharp borders that are clearly distinct from the surrounding tissue. In contrast, the malignant lesions, displayed in the bottom row, frequently exhibit irregular and amorphous shapes, indistinct or spiculated (stellate) margins, and an appearance indicative of infiltration into the surrounding parenchymal tissue. This visual comparison not only reveals the key pathological signatures that the model must learn but also demonstrates the high intra-class variation (e.g., different breast densities, lesion sizes, and appearances). Thus, Figure 1 effectively underscores the complexity of the classification task and the need for advanced deep learning architectures capable of capturing these subtle visual nuances.

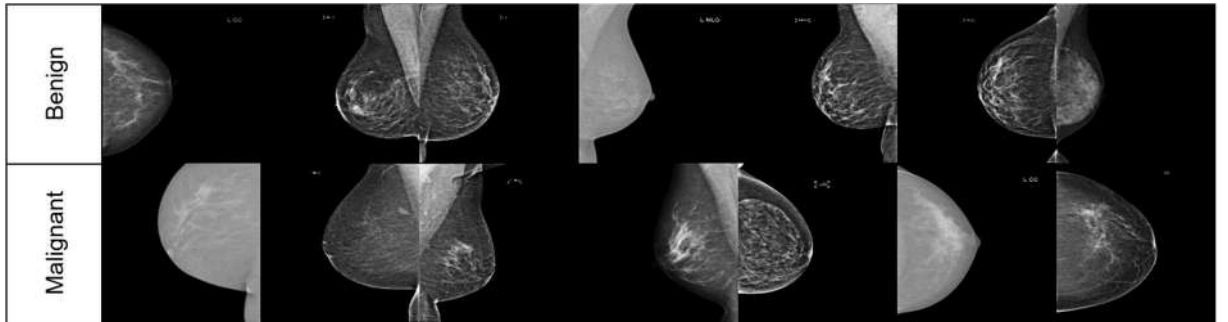


Figure 1. Visual examples of the Benign and Malignant classes from the dataset used in this study.

3.2 Data Augmentation

In this study, a comprehensive on-the-fly data augmentation strategy was adopted to bolster the generalization capability of the developed deep learning models and to mitigate the risk of overfitting, a common challenge in data-constrained domains such as medical imaging. This strategy, applied during each iteration of the training process, incorporates a combination of geometric and photometric transformations. Within the scope of geometric augmentations, each image was first subjected to a RandomResizedCrop operation, which resizes the image to a target resolution of 224x224 pixels using a random interpolation method after cropping it to a random scale (8% to 100% of the original area) and aspect ratio (in the range of [0.75, 1.33]). Additionally, a random horizontal flip was performed with a probability of 50% ($p=0.5$). To enhance photometric variation, the ColorJitter technique was utilized, applying random

alterations to color attributes such as brightness, contrast, and saturation with a factor of 0.4. Notably, to preserve clinical plausibility, the vertical flip operation was deliberately excluded from the augmentation pipeline ($p=0.0$). This dynamic data enrichment approach ensures that the model is trained on unique permutations of the data in every epoch, thereby encouraging it to learn pathologically meaningful and invariant feature representations rather than memorizing superficial correlations in the training set. The objective of this methodology is to enhance the performance and robustness of the model on previously unseen test data [47,48].

3.3 Models Architecture

In this study, the performance of four leading Vision Transformer architectures is comparatively evaluated for the task of breast cancer classification. The first architecture examined, the Swin Transformer [49], was developed to address the limitations of the standard ViT, such as high computational cost and a lack of hierarchical representation. By producing hierarchical feature maps with progressively decreasing resolution, similar to convolutional neural networks, this architecture effectively captures visual information at different scales. To mitigate the computational complexity of global self-attention, it performs the attention operation within local windows, maintaining global context through a "shifted window" mechanism. This design offers a potent and efficient backbone not only for breast cancer classification but also for other dense prediction tasks in medical imaging, such as object detection and semantic segmentation.

Another noteworthy architecture, the Bidirectional Encoder representation from Image Transformers (BEiT) [50], focuses on the pre-training stage by employing a Masked Image Modeling approach. In this task, some image patches are masked, and the model learns to predict the original visual tokens for these masked regions. Through this process, rich and generalizable visual representations are obtained without the need for labeled data. Aiming to address the issue of data efficiency, the Data-efficient Image Transformer (DeiT) [51], by virtue of its knowledge distillation-based strategy, can be trained to high accuracy even on relatively small-scale datasets. The foundation for all these models is the paradigm-shifting Vision Transformer (ViT) [52], which revolutionized the field of computer vision. The ViT splits images into fixed-size patches, transforms them into sequences of vectors via linear embeddings, and feeds them into a Transformer encoder after adding positional information. This approach enables the model to directly model global relationships across the entire image using its self-attention mechanism.

4. Result and Discussion

Table 2. Comparative performance results of different Vision Transformer-based models on breast cancer classification

Models	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-score (%)	Params	GFLOPs
Swin-Base	71.57	68.19	66.21	66.21	86.75	30.3375
ViT-Base	69.80	65.96	63.78	64.32	85.8	33.6955
DeiT-Base	75.29	73.21	69.46	70.48	85.8	33.6955
BEiT-Base	68.24	63.84	59.31	59.28	85.77	25.3294

The performance of the four Transformer-based models evaluated in this study exhibits distinct differences, as presented in Table 2. The experimental findings clearly demonstrate that the DeiT-Base architecture delivered the highest performance across all classification metrics, achieving an accuracy of 75.29%, a precision of 73.21%, a recall of 69.46%, and an F1-score of 70.48%. In the performance ranking, DeiT-Base was followed by Swin-Base with an F1-score of 66.21%, while the ViT-Base and BeiT-Base models obtained lower results. Upon examining the computational costs, it was observed that although all models have a similar size with approximately 86 million parameters, there is significant variability in their GFLOPs. The fact that the most successful model, DeiT-Base (33.7 GFLOPs), is one of the most computationally expensive, while the most efficient model, BeiT-Base (25.3 GFLOPs), showed the lowest classification performance, indicates a notable trade-off between performance and efficiency.

The superior performance achieved by the DeiT-Base model can be primarily attributed to its "Data-efficient" design and the knowledge distillation strategy it employs. Whereas traditional Vision Transformer models require pre-training on massive-scale datasets to achieve high generalization capability, the DeiT architecture can learn effectively even on smaller, domain-specific datasets by leveraging knowledge distilled from a "teacher" model. Considering that medical image analysis is often characterized by data scarcity, this feature of DeiT provided it with a critical advantage in learning the complex and subtle patterns of mammogram images.

The relative performances of the other architectures are also consistent with their respective structural properties. The second-best results from Swin-Base suggest that its hierarchical structure and local attention mechanisms provide better adaptation compared to the "data-hungry" nature of the standard ViT-Base. The finding that the BeiT-Base model, which had the lowest accuracy, is also the most efficient is significant, particularly for real-time or resource-constrained systems. However, this efficiency appears to come with a performance decline resulting from the domain gap between its pre-training task and the mammography classification task. This situation reveals the necessity of establishing a balance between accuracy and inference speed in practical applications.

When evaluated from a clinical standpoint, even the best model's recall value of 69.46% implies that a significant portion of malignant cases were not detected (false negatives). Similarly, a precision rate of 73.21% indicates that a fraction of the predictions classified as malignant were incorrect (false positives), which could lead to unnecessary biopsies and patient anxiety. These results suggest that the developed model, in its current form, is more suitable as a second-opinion or decision support system for radiologists rather than as an autonomous diagnostic tool. Future work ought to concentrate on improving these metrics through larger datasets, advanced pre-training strategies, and hybrid model approaches. The confusion matrix of the best-performing model is presented in Figure 2.

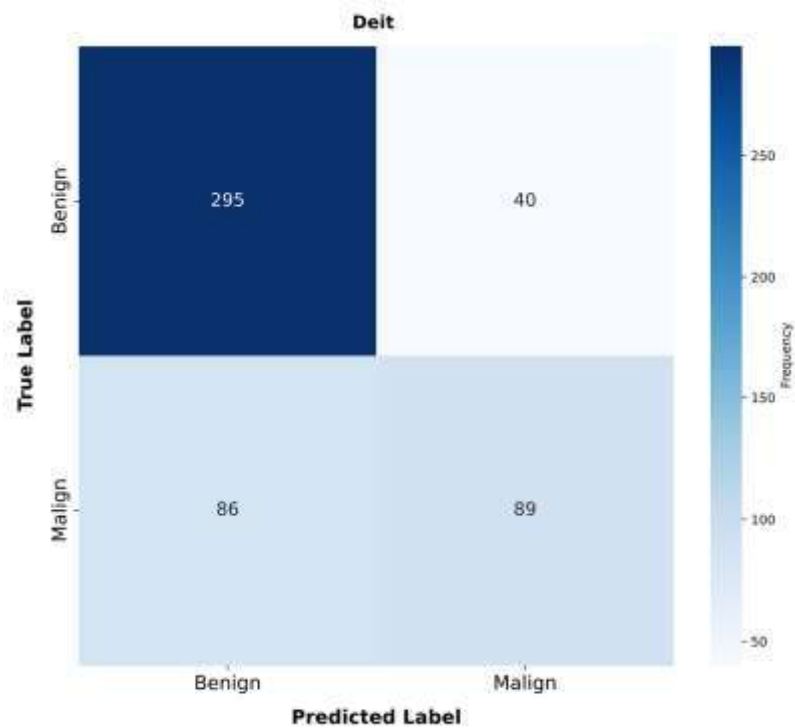


Figure 2. Confusion matrix of the best-performing model

5. Conclusions

In this study, the performance of four different Vision Transformer-based architectures (Swin-Base, ViT-Base, DeiT-Base, and BeiT-Base) was comprehensively compared for the purpose of breast cancer detection from mammogram images. The obtained results demonstrate that the DeiT-Base model was the top-performing architecture across all evaluated metrics, achieving an accuracy of 75.29% and an F1-score of 70.48%. This success is attributed to the data-efficient design of DeiT-Base, which is founded on knowledge distillation, a characteristic that enables the model to acquire robust generalization capabilities even on limited medical datasets. The study also revealed a significant trade-off between diagnostic performance and computational cost, as the most computationally efficient model, BEiT-Base, yielded the lowest accuracy. This research underscores the potential of data-efficient approaches in particular for developing advanced decision-support systems for radiologists and indicates a promising path forward for AI-based automated tools in the early diagnosis of breast cancer.

References

- [1] I. García Megías, L.S. Almeida, A.K. Calapaquí Terán, K.M. Pabst, K. Herrmann, F. Giammarile, R.C. Delgado Bolton, FAPI radiopharmaceuticals in nuclear oncology and theranostics of solid tumours: are we nearer to surrounding the hallmarks of cancer?, *Ann Nucl Med* 39 (2025) 407–423. <https://doi.org/10.1007/S12149-025-02022-X>/METRICS.
- [2] P.B. Siqueira, M.M. de Sousa Rodrigues, Í.S.S. de Amorim, T.G. da Silva, M. da Silva Oliveira, J.A. Rodrigues, A. de Souza da Fonseca, A.L. Mencialha, The APE1/REF-1 and the hallmarks

of cancer, *Molecular Biology Reports* 2023 51:1 51 (2024) 1–15. <https://doi.org/10.1007/S11033-023-08946-9>.

- [3] F. Rezaei, A. Mazidimoradi, Z. Pasokh, F. Mobasheri, A. Taheri, F. Shahraki-Sanavi, Z. Shahabinia, L. Allahqoli, H. Salehiniya, Global Trend of Breast Cancer Among Women Aged 55 and Older From 2010 to 2019: An Analysis by Socio-Demographic Index and Geographic Regions, *Indian J Gynecol Oncol* 23 (2025) 1–18. <https://doi.org/10.1007/S40944-025-00977-3/FIGURES/4>.
- [4] P.K. Sirvi, V. Jadhav, G. Paul, R. Jain, A.K. Yadav, Therapeutic Hallmarks of Cancer and Immunology, *Nanotechnology Based Strategies for Cancer Immunotherapy* (2024) 21–53. https://doi.org/10.1007/978-981-97-7022-9_2.
- [5] S. Yousefnia, Breast Cancer, Subtypes, Risk Factors, and Treatment, *The Palgrave Encyclopedia of Disability* (2024) 1–14. https://doi.org/10.1007/978-3-031-40858-8_324-1.
- [6] W.F. Zuo, Q. Pang, X. Zhu, Q.Q. Yang, Q. Zhao, G. He, B. Han, W. Huang, Heat shock proteins as hallmarks of cancer: insights from molecular mechanisms to therapeutic strategies, *Journal of Hematology & Oncology* 2024 17:1 17 (2024) 1–58. <https://doi.org/10.1186/S13045-024-01601-1>.
- [7] Y. Li, P. Liu, B. Zhang, J. Chen, Y. Yan, Global trends and research hotspots in nanodrug delivery systems for breast cancer therapy: a bibliometric analysis (2013–2023), *Discover Oncology* 16 (2025) 1–17. <https://doi.org/10.1007/S12672-025-02014-3/FIGURES/8>.
- [8] B.K. Mohanti, P. Mathur, U. Jayarajah, B.M. Biswal, S. Prinja, Introduction to Cancer World, *Radiation Oncology – Principles, Precepts and Practice* (2025) 1–30. https://doi.org/10.1007/978-981-97-8389-2_1.
- [9] H.-Y. Lin, J.Y. Park, Epidemiology of Cancer, *Anesthesia for Oncological Surgery* (2023) 11–16. https://doi.org/10.1007/978-3-031-50977-3_2.
- [10] R. Mundel, S. Dhadwal, S. Bharti, M. Chatterjee, A Comprehensive Overview of Various Cancer Types and Their Progression, *Handbook of Oncobiology: From Basic to Clinical Sciences* (2024) 189–205. https://doi.org/10.1007/978-981-99-6263-1_4.
- [11] A. Aggarwal, N. Bagri, Incidence and Epidemiology of Breast Cancer, *Imaging in Management of Breast Diseases* (2025) 1–9. https://doi.org/10.1007/978-981-97-9847-6_1.
- [12] J. Kim, A. Harper, V. McCormack, H. Sung, N. Houssami, E. Morgan, M. Mutebi, G. Garvey, I. Soerjomataram, M.M. Fidler-Benaoudia, Global patterns and trends in breast cancer incidence and mortality across 185 countries., *Nat Med* 31 (2025) 1154–1162. <https://doi.org/10.1038/S41591-025-03502-3>;SUBJMETA=1347,2324,67,692,699;KWRD=BREAST+CANCER,CANCER+EPIDEMIOLOGY.
- [13] X. Xiong, L.W. Zheng, Y. Ding, Y.F. Chen, Y.W. Cai, L.P. Wang, L. Huang, C.C. Liu, Z.M. Shao, K. Da Yu, Breast cancer: pathogenesis and treatments, *Signal Transduction and Targeted Therapy* 2025 10:1 10 (2025) 1–33. <https://doi.org/10.1038/s41392-024-02108-4>.

- [14] E.I. Obeagu, G.U. Obeagu, Breast cancer: A review of risk factors and diagnosis, *Medicine (United States)* 103 (2024) E36905. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000036905>.
- [15] P. Kiani, H. Vatankhahan, A. Zare-Hoseinabadi, F. Ferdosi, S. Ehtiati, P. Heidari, Z. Dorostgou, A. Movahedpour, A. Baktash, M. Rajabivahid, S.H. Khatami, Electrochemical biosensors for early detection of breast cancer, *Clinica Chimica Acta* 564 (2025) 119923. <https://doi.org/10.1016/J.CCA.2024.119923>.
- [16] I.A. Alshawwa, H. Qasim El-Mashharawi, F.M. Salman, M. Naji, A. Al-Qumboz, B.S. Abu-Nasser, S.S. Abu-Naser, Advancements in Early Detection of Breast Cancer: Innovations and Future Directions, *International Journal of Academic Engineering Research (IJAER)* 8 (2024) 17–24. <https://philpapers.org/rec/ALSAIE-3> (accessed June 5, 2025).
- [17] Dr.Mst.M.M. Begum, Dr.R. Gupta, Dr.B. Sunny, Dr.Z.L. Lutfor, Advancements in Early Detection and Targeted Therapies for Breast Cancer; A Comprehensive Analysis, *Asia Pacific Journal of Cancer Research* 1 (2024) 4–13. <https://doi.org/10.70818/APJCR.2024.V01I01.04>.
- [18] L. Katsika, E. Boureka, I. Kalogiannidis, I. Tsakiridis, I. Tirodimos, K. Lallas, Z. Tsimtsiou, T. Dagklis, Screening for Breast Cancer: A Comparative Review of Guidelines, *Life* 2024, Vol. 14, Page 777 14 (2024) 777. <https://doi.org/10.3390/LIFE14060777>.
- [19] A. Trentham-Dietz, C.H. Chapman, J. Jayasekera, K.P. Lowry, B.M. Heckman-Stoddard, J.M. Hampton, J.L. Caswell-Jin, R.E. Gangnon, Y. Lu, H. Huang, S. Stein, L. Sun, E.J. Gil Quessep, Y. Yang, Y. Lu, J. Song, D.F. Muñoz, Y. Li, A.W. Kurian, K. Kerlikowske, E.S. O’Meara, B.L. Sprague, A.N.A. Tosteson, E.J. Feuer, D. Berry, S.K. Plevritis, X. Huang, H.J. De Koning, N.T. Van Ravesteyn, S.J. Lee, O. Alagoz, C.B. Schechter, N.K. Stout, D.L. Miglioretti, J.S. Mandelblatt, Collaborative Modeling to Compare Different Breast Cancer Screening Strategies: A Decision Analysis for the US Preventive Services Task Force, *JAMA* 331 (2024) 1947–1960. <https://doi.org/10.1001/JAMA.2023.24766>.
- [20] M. Chandra, B. Varghese, A. Sah, Mammography and Advances, *Imaging in Management of Breast Diseases* (2025) 35–78. https://doi.org/10.1007/978-981-97-9847-6_4.
- [21] E. Dhamija, S. Chandola, S. Hari, Contrast-Enhanced Mammography, *Imaging in Management of Breast Diseases* (2025) 93–110. https://doi.org/10.1007/978-981-97-9847-6_6.
- [22] M. Al-Balas, H. Al-Balas, Z. AlAmer, G. Al-Taweel, A. Ghabboun, F. Al Bzoor, S. Abumkarab, T.A. Bakr, B. Eleiwat, Clinical outcomes of screening and diagnostic mammography in a limited resource healthcare system, *BMC Womens Health* 24 (2024) 1–7. <https://doi.org/10.1186/S12905-024-03007-0/TABLES/5>.
- [23] L. Nicosia, A. Rotili, F. Pesapane, A.C. Bozzini, O. Battaglia, G. Pellegrino, N. Fusco, F.M. Porta, S. Frassoni, V. Bagnardi, G. Corso, C. Sangalli, E. Cassano, Contrast-Enhanced Mammography (CEM) compared to Breast Magnetic Resonance (MRI) in the evaluation of breast lobular neoplasia, *Breast Cancer Res Treat* 203 (2024) 135–143. <https://doi.org/10.1007/S10549-023-07096-7/FIGURES/3>.

- [24] W.A.E.F. Mousa, D.A.A.E.R. Tolba, M.M. Moawad, Diagnostic value of digital breast tomosynthesis in suspicious lesions detected in screening mammogram, *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine* 55 (2024) 1–7. <https://doi.org/10.1186/S43055-024-01398-6/FIGURES/3>.
- [25] M. Bahrami, S.H. Hasani, F. Karami, M. Karami, Diagnostic Values of Ultrasound and Mammography on Prediction of Lymphovascular Invasion in Breast Cancer, *Indian J Gynecol Oncol* 23 (2025) 1–9. <https://doi.org/10.1007/S40944-025-00962-W/FIGURES/4>.
- [26] Pacal Ishak, Cakmak Yigitcan, DIAGNOSTIC ANALYSIS OF VARIOUS CANCER TYPES WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 2025. www.duvaryayinlari.com.
- [27] I. Pacal, O. Akhan, R.T. Deveci, M. Deveci, NeXtBrain: Combining local and global feature learning for brain tumor classification, *Brain Res* 1863 (2025) 149762. <https://doi.org/10.1016/J.BRAINRES.2025.149762>.
- [28] S. Ince, I. Kunduracioglu, B. Bayram, I. Pacal, U-Net-Based Models for Precise Brain Stroke Segmentation, *Chaos Theory and Applications* 7 (2025) 50–60. <https://doi.org/10.51537/CHAOS.1605529>.
- [29] B. Bayram, I. Kunduracioglu, S. Ince, I. Pacal, A systematic review of deep learning in MRI-based cerebral vascular occlusion-based brain diseases, *Neuroscience* 568 (2025) 76–94. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROSCIENCE.2025.01.020>.
- [30] B. Ozdemir, E. Aslan, I. Pacal, Attention Enhanced InceptionNeXt Based Hybrid Deep Learning Model for Lung Cancer Detection, *IEEE Access* (2025). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3539122>.
- [31] Y. Cakmak, A. Maman, Deep Learning for Early Diagnosis of Lung Cancer, *Computational Systems and Artificial Intelligence* 1 (2025) 20–25. <https://doi.org/10.69882/ADBA.CSAI.2025074>.
- [32] M.A.H. Lubbad, I.L. Kurtulus, D. Karaboga, K. Kilic, A. Basturk, B. Akay, O.U. Nalbantoglu, O.M.D. Yilmaz, M. Ayata, S. Yilmaz, I. Pacal, A Comparative Analysis of Deep Learning-Based Approaches for Classifying Dental Implants Decision Support System, *Journal of Imaging Informatics in Medicine* 37 (2024) 2559–2580. <https://doi.org/10.1007/S10278-024-01086-X/FIGURES/14>.
- [33] I. Leblebicioglu Kurtulus, M. Lubbad, O.M.D. Yilmaz, K. Kilic, D. Karaboga, A. Basturk, B. Akay, U. Nalbantoglu, S. Yilmaz, M. Ayata, I. Pacal, A robust deep learning model for the classification of dental implant brands, *J Stomatol Oral Maxillofac Surg* 125 (2024) 101818. <https://doi.org/10.1016/J.JORMAS.2024.101818>.
- [34] M. Lubbad, D. Karaboga, A. Basturk, B. Akay, U. Nalbantoglu, I. Pacal, Machine learning applications in detection and diagnosis of urology cancers: a systematic literature review, *Neural Comput Appl* 36 (2024) 6355–6379. <https://doi.org/10.1007/S00521-023-09375-2/TABLES/6>.

- [35] Y. Cakmak, I. Pacal, AI-Driven Classification of Anemia and Blood Disorders Using Machine Learning Models, *Computers and Electronics in Medicine* 2 (2025) 43–52. <https://doi.org/10.69882/ADBA.CEM.2025073>.
- [36] Y. Cakmak, Machine Learning Approaches for Enhanced Diagnosis of Hematological Disorders, *Computational Systems and Artificial Intelligence* 1 (2025) 8–14. <https://doi.org/10.69882/ADBA.CSAI.2025072>.
- [37] Y. Cakmak, N. Pacal, Deep Learning for Automated Breast Cancer Detection in Ultrasound: A Comparative Study of Four CNN Architectures, *Artificial Intelligence in Applied Sciences* 1 (2025) 13–19. <https://doi.org/10.69882/ADBA.AI.2025073>.
- [38] Y. Cakmak, J. Zeynalov, A Comparative Analysis of Convolutional Neural Network Architectures for Breast Cancer Classification from Mammograms, *Artificial Intelligence in Applied Sciences* 1 (2025) 28–34. <https://doi.org/10.69882/ADBA.AI.2025075>.
- [39] I. Pacal, O. Attallah, InceptionNeXt-Transformer: A novel multi-scale deep feature learning architecture for multimodal breast cancer diagnosis, *Biomed Signal Process Control* 110 (2025) 108116. <https://doi.org/10.1016/J.BSPC.2025.108116>.
- [40] F. Manigrasso, R. Milazzo, A.S. Russo, F. Lamberti, F. Strand, A. Pagnani, L. Morra, Mammography classification with multi-view deep learning techniques: Investigating graph and transformer-based architectures, *Med Image Anal* 99 (2025) 103320. <https://doi.org/10.1016/J.MEDIA.2024.103320>.
- [41] M.L. Abimouloud, K. Bensid, M. Elleuch, O. Aiadi, M. Kherallah, Vision transformer-convolution for breast cancer classification using mammography images: A comparative study, *Int J Hybrid Intell Syst* 20 (2024) 67–83. <https://doi.org/10.3233/HIS-240002>.
- [42] S.U.R. Khan, S. Asif, O. Bilal, Ensemble Architecture of Vision Transformer and CNNs for Breast Cancer Tumor Detection From Mammograms, *Int J Imaging Syst Technol* 35 (2025) e70090. <https://doi.org/10.1002/IMA.70090>.
- [43] H. Chen, A.L. Martel, Towards improved breast cancer detection on digital mammograms using local self-attention-based transformer, <https://doi.org/10.1117/12.3025375> 13174 (2024) 455–461. <https://doi.org/10.1117/12.3025375>.
- [44] A.G.M. Al Mansour, F. Alshomrani, A. Alfahaid, A.T.M. Almutairi, MammoViT: A Custom Vision Transformer Architecture for Accurate BIRADS Classification in Mammogram Analysis, *Diagnostics* 2025, Vol. 15, Page 285 15 (2025) 285. <https://doi.org/10.3390/DIAGNOSTICS15030285>.
- [45] S. Sarker, P. Sarker, G. Bebis, A. Tavakkoli, MV-Swin-T: Mammogram Classification with Multi-View Swin Transformer, *Proceedings - International Symposium on Biomedical Imaging* (2024). <https://doi.org/10.1109/ISBI56570.2024.10635578>.
- [46] Breast Cancer, (n.d.). <https://www.kaggle.com/datasets/hayder17/breast-cancer-detection?select=valid> (accessed June 8, 2025).

- [47] Z. Wang, P. Wang, K. Liu, P. Wang, Y. Fu, C.-T. Lu, C.C. Aggarwal, J. Pei, Y. Zhou, A Comprehensive Survey on Data Augmentation, (2024). <https://arxiv.org/abs/2405.09591v3> (accessed May 28, 2025).
- [48] A. Mumuni, F. Mumuni, N.K. Gerrar, A Survey of Synthetic Data Augmentation Methods in Machine Vision, *Machine Intelligence Research* 2024 21:5 21 (2024) 831–869. <https://doi.org/10.1007/S11633-022-1411-7>.
- [49] Z. Liu, Y. Lin, Y. Cao, H. Hu, Y. Wei, Z. Zhang, S. Lin, B. Guo, Swin Transformer: Hierarchical Vision Transformer using Shifted Windows, (n.d.). <https://github>. (accessed August 20, 2025).
- [50] H. Bao, L. Dong, S. Piao, F. Wei, BEIT: BERT Pre-Training of Image Transformers, (n.d.). <https://aka.ms/beit> (accessed August 20, 2025).
- [51] H. Touvron, M. Cord, M. Douze, F. Massa, A. Sablayrolles, H. Jégou, F. Ai, Training data-efficient image transformers & distillation through attention, (n.d.).
- [52] A. Dosovitskiy, L. Beyer, A. Kolesnikov, D. Weissenborn, X. Zhai, T. Unterthiner, M. Dehghani, M. Minderer, G. Heigold, S. Gelly, J. Uszkoreit, N. Houlsby, AN IMAGE IS WORTH 16X16 WORDS: TRANSFORMERS FOR IMAGE RECOGNITION AT SCALE, (n.d.). <https://github.com/> (accessed August 20, 2025).

EVALUATING MODERN VISION TRANSFORMERS FOR PRECISION AGRICULTURE: A CASE STUDY ON APPLE LEAF DISEASES

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17203914>

Javanshir ZEYNALOV¹

cavansirzeynalov@ndu.edu.az

<https://orcid.org/0009-0002-4985-6371>

Yigitcan CAKMAK²

ygtcncakmak@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-7227-9182>

Ishak PACAL²

ishakpacal@igdir.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-6670-2169>

¹Department of Electronics and Information Technologies, Faculty of Architecture and Engineering, Nakhchivan State University, AZ 7012, Nakhchivan, Azerbaijan

²Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Igdir University, 76000, Igdir, Turkey

Abstract

Phytopathogenic diseases prevalent in apple cultivation pose a significant threat to global food security, leading to substantial economic losses. The early and accurate diagnosis of these diseases is of paramount importance for the development of effective management strategies. This study conducts a comprehensive comparative analysis of three state-of-the-art models Swin-Base, DeiT-Base, and BEiT-Base to evaluate the efficacy of pioneering Transformer architectures for the automated diagnosis of plant diseases. The performance of these models, trained on the apple leaf subset of the PlantVillage dataset with the application of extensive data augmentation techniques, is assessed using standard metrics including accuracy, precision, recall, and the F1-score. Experimental results indicate that the Swin-Base and DeiT-Base models exhibit the highest and virtually identical performance, achieving 99.79% accuracy and an F1-score of 99.82%. However, Swin-Base attains this level of success with a lower computational cost in comparison to DeiT-Base (30.34 GFLOPs vs. 33.70 GFLOPs). Conversely, BEiT-Base, which demonstrates the highest computational efficiency, emerges as a robust alternative for resource-constrained scenarios with an accuracy of 99.37%. The findings of this research establish that the Swin Transformer architecture, by virtue of the superior balance it presents between high accuracy and computational efficiency, represents the most suitable model for autonomous disease detection systems in precision agriculture applications.

Key Words: *Apple Disease Detection, Deep Learning, PlantVillage*

Introduction

Agriculture constitutes a cornerstone of the global economy and food security, with fruit cultivation, particularly apple production, holding significant economic value [1]. However, the productivity and quality of apple yields are perpetually threatened by various phytopathogenic diseases, such as apple scab, black rot, and cedar apple rust. The early and accurate diagnosis

of these diseases is of paramount importance for the implementation of timely and effective management strategies, consequently mitigating economic losses and reducing the reliance on broad-spectrum chemical treatments [2]. Traditionally, disease diagnosis has relied on manual inspections performed by human experts, a process that is not only labor-intensive and time-consuming but also prone to subjective errors and limited scalability [3]. Advances in the fields of deep learning and computer vision have catalyzed a paradigm shift toward automated, rapid, and objective disease detection systems, for which the publicly available PlantVillage dataset serves as a critical benchmark for the development and evaluation of such models [4].

In recent years, Convolutional Neural Networks (CNNs) have become the de facto standard for image-based plant disease classification, demonstrating remarkable success due to their strong inductive biases for capturing local spatial hierarchies [5–7]. However, the recent ascendancy of the Transformer architecture, originally developed for natural language processing, has introduced a new frontier in computer vision. In contrast to CNNs, Vision Transformers (ViTs) and their derivatives leverage a self-attention mechanism that enables them to model long-range dependencies and global contextual relationships across an entire image [8,9]. This capability is potentially advantageous for identifying the subtle and non-local patterns characteristic of certain plant diseases. Consequently, a new generation of Transformer-based models has emerged, including Swin Transformer, DeiT, and BEiT, each proposing unique architectural and training strategy enhancements to optimize performance and efficiency for visual tasks [10,11].

This study presents a rigorous comparative analysis of the performance of three state-of-the-art Transformer-based architectures, specifically Swin Transformer (base), Data-efficient Image Transformer (DeiT-base), and Bidirectional Encoder representation from Image Transformers (BEiT-base), on the task of apple leaf disease classification. Utilizing the apple-specific classes from the PlantVillage dataset, we systematically evaluate the performance of these models based on fundamental metrics such as accuracy, precision, recall, and F1-score. The primary objective of this research is to benchmark these advanced architectures against one another in a controlled agricultural context and to identify the most effective model for this application. The findings are intended to contribute to the advancement of precision agriculture by providing valuable insights to researchers and practitioners for selecting optimal deep learning frameworks to develop robust, accurate, and scalable automated plant disease diagnosis systems.

Related Works

The automated detection of plant diseases using deep learning has become a pivotal area of research in precision agriculture. Initially, the field was dominated by Convolutional Neural Networks (CNNs), which demonstrated considerable success in image-based classification tasks. However, as noted by **Ullah et al.** [12], many high-performance CNNs possess complex architectures and large parameter counts, posing significant challenges for deployment on resource-constrained devices. While lightweight CNNs like MobileNets were developed, they often created a performance gap. This led researchers to explore alternative architectures, with the Vision Transformer (ViT) emerging as a powerful new paradigm. Studies by **Aslan et al.**

[13] and **Langde et al.** [14] showcased the direct applicability and effectiveness of standard ViT models for classifying leaf diseases across various crops, including apple, grape, and tomato, using benchmark datasets like PlantVillage. These works established that the global self-attention mechanism of Transformers is highly capable of capturing the complex patterns associated with plant pathologies, setting the stage for more advanced applications.

Following the initial success of pure ViT models, a significant trend in recent literature has been the development of hybrid architectures that synergistically combine the strengths of CNNs and Transformers. The primary motivation for this approach is to leverage the robust local feature extraction capabilities of convolutions while utilizing the Transformer's capacity for modeling long-range, global dependencies. For instance, **Ullah et al.** [12] proposed AppViT, a lightweight hybrid model where convolutional blocks progressively reduce feature map size and encode local patterns, which are then processed by ViT blocks to capture spatial relationships. Similarly, **Huang et al.** [15] introduced EConv-ViT, which integrates ConvNeXt and ViT, enhanced with attention mechanisms to specifically address poor generalization in diverse, real-world environments. Other researchers have explored different fusion strategies; **Vallabhajosyula et al.** [16] developed a hierarchical residual model combining ResNet9 and ViT, while **Aboelenin et al.** [17] presented a unique framework where an ensemble of deep CNNs extracts global features, which are then refined by a ViT to capture local details, achieving an impressive accuracy of 99.24% on an apple leaf dataset.

Despite these advancements and the proliferation of novel hybrid models, critical challenges and research gaps persist. A primary concern, highlighted by **Huang et al.** [15], is the significant performance degradation of models when transitioning from laboratory-captured images to images taken in complex natural environments, where accuracy can drop substantially. Another key focus is the trade-off between model accuracy and computational efficiency, a problem directly addressed by **Ullah et al.** [12] with their low-parameter AppViT model. While many studies propose a single, novel hybrid architecture and compare it against baseline CNNs or a standard ViT, there remains a lack of systematic, head-to-head comparative analysis of different state-of-the-art *pure* Transformer variants (e.g., Swin, DeiT, BEiT) on a standardized agricultural task. This gap motivates our work, which aims to rigorously benchmark these advanced Transformer architectures to identify their respective strengths, weaknesses, and overall suitability for high-accuracy apple disease classification, thereby providing a clear reference for future research and practical applications.

Material and Methods

Dataset

This study utilizes the PlantVillage dataset, a publicly available and widely used resource for the detection of diseases in plant leaves [18,19]. The original dataset comprises a total of 54,305 images, encompassing 14 different plant species and 38 distinct disease classes. As the focus of our research is on apple tree diseases, only the subset pertaining to apple leaves was employed instead of the entire dataset. This subset is composed of four classes in total, which include healthy leaves as well as three common diseases: Apple Scab, Black Rot, and Cedar

Apple Rust. Table 1 illustrates the partitioning of the classes into training, testing, and validation sets [20].

Table 1. Dataset Partitioning into Training, Test, and Validation Sets

Class	Total	Training (70%)	Validation (15%)	Test (15%)
Apple scab	630	441	94	95
Black rot	621	434	93	94
Cedar apple rust	275	192	41	42
healthy	1645	1151	246	248
Total	3171	2218	474	479

A balanced distribution within the dataset plays a critical role in the training and evaluation phases of deep learning models. In this context, sample leaf images randomly selected from each class are presented in Figure 1. As observed in Figure 1, the images encompass a variety of variations such as diverse lighting conditions, leaf positions, and background complexities. This diversity constitutes a significant advantage for ensuring that the model becomes more robust against the challenges it may encounter in real-world scenarios. For training and testing the models, the dataset was partitioned into three sets following a standard approach: 70% for training, 15% for testing, and 15% for validation.



Figure 1. Examples from our dataset

Data Augmentation

Data augmentation is of critical importance as a standard preprocessing technique to overcome the fundamental challenges that deep learning models encounter, particularly when working with limited datasets, such as overfitting and poor generalization capability [21,22]. In this study, a comprehensive data augmentation pipeline was constructed to maximize the robustness and predictive accuracy of the developed models by synthetically enriching the existing training data. Within this pipeline, geometric transformations were applied, including random cropping and resizing to 224x224 pixels with RandomResizedCrop to prevent the model from focusing excessively on a specific region of the image. Additionally, horizontal flipping with RandomHorizontalFlip and rotation within a range of ± 15 degrees with RandomRotation were used to encourage the learning of orientation-invariant features. Furthermore, the photometric transformation ColorJitter was utilized to simulate various lighting scenarios by randomly altering values for brightness, contrast, saturation, and hue. Following all these transformations, the images were converted to tensor format using ToTensor for compatibility with the PyTorch library. Finally, they were normalized using the mean and standard deviation values from the ImageNet dataset to stabilize the training process and facilitate faster model convergence. This holistically applied strategy is intended to significantly enhance the models' generalization capability on unseen data and their final predictive performance by minimizing the risk of overfitting.

Model Architecture

All models utilized in this study are based on the Vision Transformer (ViT) architecture, which created a paradigm shift in image recognition tasks. Instead of traditional convolutional layers, ViT processes an image as a sequence of non-overlapping patches of a fixed size, such as 16x16 pixels. These patches are flattened and transformed into vector embeddings through a linear projection layer and are then combined with learnable positional encodings to allow the model to retain spatial information. This sequence of vectors, along with a special [CLS] (class) token prepended to the sequence, is fed into a standard Transformer encoder based on a Multi-Head Self-Attention (MHSA) mechanism. This mechanism enables the model to directly model the global relationships and contextual dependencies between all patches. The final vector representation of the [CLS] token, after passing through the encoder, is directed to a Multi-Layer Perceptron (MLP) classification head to perform the final class prediction. This fundamental approach brings the powerful representation learning capability of Transformers to the computer vision domain by treating image data as a sequence, similar to language data.

The other models built upon this foundational architecture introduce innovative approaches to overcome the challenges presented by ViT or to increase training efficiency. The Swin Transformer [23] solves the issue of ViT's quadratic computational complexity with a hierarchical architecture that confines the self-attention mechanism to local windows and enables information flow between these windows in successive layers through a shifted windowing scheme. The Data-efficient Image Transformer (DeiT) [24], while architecturally adhering to ViT, eliminates the dependency on massive datasets through a "knowledge distillation" technique. In this technique, the knowledge from a pre-trained CNN model (the teacher) is transferred to the Transformer model (the student), allowing high performance to be

achieved with smaller datasets. Finally, the Bidirectional Encoder representation from Image Transformers (BEiT) [25] introduces a self-supervised pre-training strategy called "Masked Image Modeling" (MIM), inspired by the BERT model in Natural Language Processing. In this strategy, the model learns to create rich and generalizable visual representations without the need for labeled data by masking a portion of the image patches and predicting their visual tokens.

Results and discussions.

Table 2. Comparison of performance and efficiency metrics for the evaluated models.

Models	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-score (%)	Params	GFLOPs
Swin-Base	99.79	99.90	99.74	99.82	86.75	30.3375
DeiT-Base	99.79	99.90	99.73	99.82	85.8	33.6955
BeiT-Base	99.37	99.53	98.88	99.20	85.77	25.3294

In this study, the performance of three different Transformer-based models, namely Swin-Base, DeiT-Base, and BeiT-Base, was comprehensively evaluated for the task of apple leaf disease classification. The experimental results of the comparative analysis and the computational complexity metrics for the models are presented in detail in Table 2. The findings clearly demonstrate that all tested Transformer architectures exhibited exceptional success for this specific agricultural classification task, achieving accuracy rates above 99.37%. This high performance corroborates the capability of Transformer architectures to effectively model global and long-range semantic relationships within an image through their self-attention mechanism. Among the models, Swin-Base and DeiT-Base stand out as the architectures exhibiting the highest and virtually identical performance, while BeiT-Base achieved results that were very close yet marginally lower.

A closer examination of the metrics in Table 2 reveals that the Swin-Base and DeiT-Base models are at the pinnacle of classification performance with 99.79% accuracy and an F1-score of 99.82%. The precision and recall values for these two models are also quite similar, which indicates that both models are highly adept at both correctly predicting positive classes (precision) and identifying all existing positive cases (recall). However, a significant difference emerges when considering the performance-efficiency balance of these two models. Despite having a comparable number of parameters (86.75M and 85.8M), the Swin-Base architecture achieved this superior performance with a lower computational cost of 30.34 GFLOPs. In contrast, DeiT-Base reached the same success at a cost of 33.70 GFLOPs. This is a noteworthy finding, indicating that the hierarchical structure and shifted window-based self-attention mechanism of the Swin Transformer afford a more efficient feature representation learning capacity compared to the standard Vision Transformer architecture. The comparative confusion matrices for the Swin-Base and DeiT-Base models, which yielded similar performance results, are shown in detail in Figure 2.

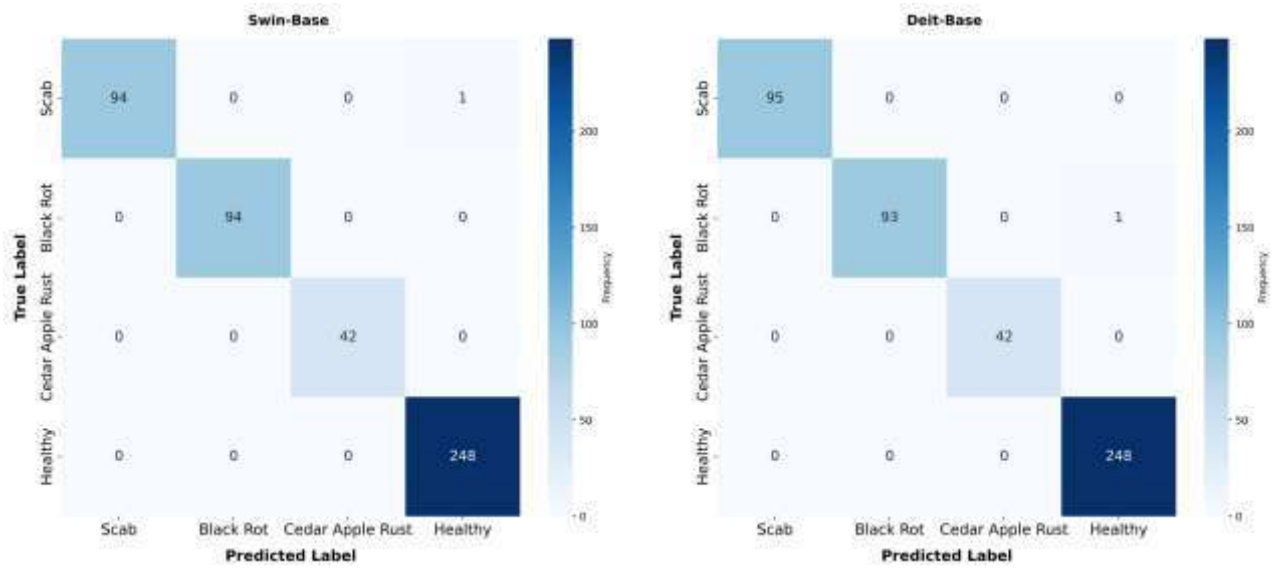


Figure 2. Confusion matrices of the Swin-Base model (left) and the DeiT-Base model (right).

Although the BeiT-Base model, with 99.37% accuracy and a 99.20% F1-score, lags slightly behind the other two models, its performance remains highly competitive and proves its suitability for this task. The most striking feature of BeiT-Base is its computational efficiency. As seen in Table 2, despite having a model size similar to DeiT-Base with 85.77M parameters, it offers the lowest computational load among the three tested models at 25.33 GFLOPs. This situation makes the BeiT-Base model an attractive option for scenarios where hardware resources are constrained, for example, in mobile or embedded systems. This marginal decrease in performance may be attributed to the model's self-supervised pre-training strategy based on Masked Image Modeling, a strategy that could lead to a slightly less optimized feature extraction for this specific supervised task compared to other supervised pre-training methods. Therefore, BeiT-Base offers an ideal balance for applications where efficiency is prioritized over achieving the absolute highest accuracy.

The performed comparative analysis identifies the Swin-Base architecture as the most optimal solution for the task of apple leaf disease classification. Swin-Base established an excellent balance between performance and efficiency by delivering the highest classification accuracy while also exhibiting a more efficient computational profile compared to DeiT-Base. These findings suggest that innovations at the architectural level, such as hierarchical structure and local attention mechanisms, can be more impactful than training strategies alone, such as knowledge distillation. The achieved success rates of over 99% reaffirm that Transformer-based models are a groundbreaking technology for the development of reliable and autonomous plant disease diagnosis systems, which have the potential to increase agricultural productivity and support sustainable farming practices.

Conclusion

This study compared three pioneering Transformer architectures for the task of apple leaf disease classification and definitively established that the Swin-Base model represents the most

optimal solution by combining superior accuracy of 99.79% with a more efficient computational profile. This success demonstrates that the hierarchical structure and shifted window-based attention mechanism of the Swin Transformer provide a more effective feature representation for such specific visual recognition tasks compared to standard architectures. Alongside these encouraging results, the study has certain limitations, such as its use of the controlled PlantVillage dataset and its exclusive focus on 'base' sized models. These limitations chart a roadmap for future research to test the models' performance under real-field conditions on more diverse and complex datasets and to investigate their deployment on mobile platforms through optimization techniques like model quantization. Ultimately, this research positions the Swin-Base architecture as the most balanced and potent candidate for precision agriculture applications and offers a significant contribution to the advancement of autonomous plant health management technologies.

References

- [1] I. Pacal, I. Kunduracioglu, M.H. Alma, M. Deveci, S. Kadry, J. Nedoma, V. Slany, R. Martinek, A systematic review of deep learning techniques for plant diseases, *Artificial Intelligence Review* 2024 57:11 57 (2024) 1–39. <https://doi.org/10.1007/S10462-024-10944-7>.
- [2] D. Rohith, P. Saurabh, D. Bisen, An integrated approach to apple leaf disease detection: leveraging convolutional neural networks for accurate diagnosis, *Multimed Tools Appl* (2025) 1–36. <https://doi.org/10.1007/S11042-025-20735-Z/TABLES/11>.
- [3] P. Gupta, · Rakesh, S. Jadon, PLANT Detect Net: a hybrid IoT and deep learning framework for secure plant disease detection and classification, *Evolving Systems* 2025 16:2 16 (2025) 1–20. <https://doi.org/10.1007/S12530-025-09685-X>.
- [4] A. Banjar, A. Javed, M. Nawaz, H. Dawood, E-AppleNet: An Enhanced Deep Learning Approach for Apple Fruit Leaf Disease Classification, *Applied Fruit Science* 67 (2025) 1–11. <https://doi.org/10.1007/S10341-024-01239-W/TABLES/4>.
- [5] K. P, H. Lalitha, D.J. Priya, B.S. C, AI-driven plant health monitoring: evaluating the WRLSB-HPS algorithm for leaf disease classification, *Earth Sci Inform* 18 (2025) 1–18. <https://doi.org/10.1007/S12145-025-01762-8/TABLES/6>.
- [6] İ. Paçal, İ. Kunduracioğlu, Data-Efficient Vision Transformer Models for Robust Classification of Sugarcane, *Journal of Soft Computing and Decision Analytics* 2 (2024) 258–271. <https://doi.org/10.31181/JSCDA21202446>.
- [7] İ. Kunduracioğlu, İ. Paçal, Deep Learning-Based Disease Detection in Sugarcane Leaves: Evaluating EfficientNet Models, *Journal of Operations Intelligence* 2 (2024) 321–335. <https://doi.org/10.31181/JOPI21202423>.
- [8] S.M. Hassan, K.S. Roy, R.A. Hazarika, M. Alam, M. Mukherjee, Multi-kernel inception-enhanced vision transformer for plant leaf disease recognition, *Scientific Reports* 2025 15:1 15 (2025) 1–17. <https://doi.org/10.1038/S41598-025-16142-X>.

- [9] I. Pacal, Enhancing crop productivity and sustainability through disease identification in maize leaves: Exploiting a large dataset with an advanced vision transformer model, *Expert Syst Appl* 238 (2024) 122099. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2023.122099>.
- [10] Y. Ding, W. Yang, Classification of apple leaf diseases based on MobileViT transfer learning, <https://doi.org/10.1117/12.3035225> 13213 (2024) 384–390. <https://doi.org/10.1117/12.3035225>.
- [11] I. Pacal, G. Işık, Utilizing convolutional neural networks and vision transformers for precise corn leaf disease identification, *Neural Comput Appl* 37 (2024) 2479–2496. <https://doi.org/10.1007/S00521-024-10769-Z/TABLES/5>.
- [12] W. Ullah, K. Javed, M.A. Khan, F.Y. Alghayadh, M.W. Bhatt, I.S. Al Naimi, I. Ofori, Efficient identification and classification of apple leaf diseases using lightweight vision transformer (ViT), *Discover Sustainability* 5 (2024) 1–14. <https://doi.org/10.1007/S43621-024-00307-1/TABLES/4>.
- [13] E. Aslan, Y. ÖZÜPAK, Diagnosis And Accurate Classification of Apple Leaf Diseases Using Vision Transformers, *Computer and Decision Making: An International Journal* 1 (2024) 1–12. <https://doi.org/10.59543/COMDEM.VII.10039>.
- [14] R. Langde, S.D. Deb, A. Abhishek, R.K. Jha, Vision Transformer Architecture for Efficient Leaf Disease Detection, 2024 IEEE 21st India Council International Conference, INDICON 2024 (2024). <https://doi.org/10.1109/INDICON63790.2024.10958342>.
- [15] X. Huang, D. Xu, Y. Chen, Q. Zhang, P. Feng, Y. Ma, Q. Dong, F. Yu, EConv-ViT: A strongly generalized apple leaf disease classification model based on the fusion of ConvNeXt and Transformer, *Information Processing in Agriculture* (2025). <https://doi.org/10.1016/J.INPA.2025.03.001>.
- [16] S. Vallabhajosyula, V. Sistla, V.K.K. Kolli, A novel hierarchical framework for plant leaf disease detection using residual vision transformer, *Heliyon* 10 (2024) e29912. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29912>.
- [17] S. Aboelenin, F.A. Elbasheer, M.M. Eltoukhy, W.M. El-Hady, K.M. Hosny, A hybrid Framework for plant leaf disease detection and classification using convolutional neural networks and vision transformer, *Complex and Intelligent Systems* 11 (2025) 1–17. <https://doi.org/10.1007/S40747-024-01764-X/TABLES/6>.
- [18] D.P. Hughes, M. Salathé, An open access repository of images on plant health to enable the development of mobile disease diagnostics, (n.d.). http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf!!! (accessed August 30, 2025).
- [19] PlantVillage Dataset, (n.d.). <https://www.kaggle.com/datasets/abdallahalidev/plantvillage-dataset> (accessed August 30, 2025).

- [20] J. Zeynalov, Y. Çakmak, İ. Paçal, Automated Apple Leaf Disease Classification Using Deep Convolutional Neural Networks: A Comparative Study on the Plant Village Dataset, *Journal of Computer Science and Digital Technologies* 1 (2025) 5–17. <https://doi.org/10.61640/jcsdt.2025.0601>.
- [21] Z. Wang, P. Wang, K. Liu, P. Wang, Y. Fu, C.-T. Lu, C.C. Aggarwal, J. Pei, Y. Zhou, A Comprehensive Survey on Data Augmentation, (2024). <https://arxiv.org/abs/2405.09591v3> (accessed May 28, 2025).
- [22] A. Mumuni, F. Mumuni, N.K. Gerrar, A Survey of Synthetic Data Augmentation Methods in Machine Vision, *Machine Intelligence Research* 2024 21:5 21 (2024) 831–869. <https://doi.org/10.1007/S11633-022-1411-7>.
- [23] Z. Liu, Y. Lin, Y. Cao, H. Hu, Y. Wei, Z. Zhang, S. Lin, B. Guo, Swin Transformer: Hierarchical Vision Transformer using Shifted Windows, (n.d.). <https://github>. (accessed August 20, 2025).
- [24] H. Touvron, M. Cord, M. Douze, F. Massa, A. Sablayrolles, H. Jégou, F. Ai, Training data-efficient image transformers & distillation through attention, (n.d.).
- [25] H. Bao, L. Dong, S. Piao, F. Wei, BEIT: BERT Pre-Training of Image Transformers, (n.d.). <https://aka.ms/beit> (accessed August 20, 2025).

NƏQLİYYAT SİSTEMİNİN KOMPONENTLƏRİNİN ETİBARLILIĞINI ARTIRMAQ ÜÇÜN NEYRON ŞƏBƏKƏLƏRİNƏ ƏSASLANAN GƏRGİNLİYİN PROQNOZLAŞDIRILMASI MODELƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17203924>

Gündüz Abbasov

gunduzabbasov@outlook.com

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Əmir Mustafayev

mustafaev-1959@mail.ru

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Gülşən Məmmədova

gulsenmemmedova@ndu.edu.az

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Xülasə

Müasir nəqliyyat sistemləri güclü mexaniki və termiki yüklənmələrə məruz qalır ki, bu da konstruktiv elementlərdə gərginliklərin yığılmasına, onların xidmət müddətinin azalmasına və nasazlıq ehtimalının artmasına səbəb olur. Gərginlik vəziyyətinin təhlili üçün ənənəvi üsullar — məsələn, sonlu elementlər üsulu və analitik modellər — məlumatların emal sürəti və dəqiqliyi baxımından müəyyən məhdudiyyətlərə malikdir.

Bu tədqiqatda gərginliyin proqnozlaşdırılması üçün neyroşəbəkə modelləri nəzərdən keçirilir. Buraya tam əlaqəli neyron şəbəkələr (Fully Connected Networks, FCN), konvolyasiya neyron şəbəkələri (CNN), rekurrent neyron şəbəkələri (RNN) və mürəkkəb mexaniki strukturların analizi üçün qraf neyron şəbəkələri (GNN) daxildir. Tədqiqatda məlumatların toplanması və ilkin emal üsulları, neyroşəbəkələrin öyrədilməsi alqoritmləri və proqnozların dəqiqliyinin qiymətləndirilməsi metodları təqdim olunur.

Neyroşəbəkə modellərinin tətbiqi dəmir yolu, avtomobil, aviasiya və dəniz nəqliyyatının komponentlərinin gərginlik-deformasiya vəziyyətini daha dəqiq və operativ şəkildə qiymətləndirməyə imkan verir. Bu yanaşma qəza riskini azaltmağa, konstruksiyaların xidmət müddətini uzatmağa və texniki xidmət proseslərini optimallaşdırmağa kömək edir.

Tədqiqatın nəticələri süni intellektin gərginliyin proqnozlaşdırılmasında tətbiqinin nəqliyyat sistemlərinin etibarlılığını artırdığını, təmir xərclərini azaltdığını və avadanlığın kritik nasazlıqlarının qarşısını aldığını göstərir. Gələcək inkişaf perspektivləri arasında neyroşəbəkə modellərinin rəqəmsal prototiplərlə integrasiyası, alqoritmlərin avtomatik yenilənməsi və fiziki-mexaniki hesablamaları maşın öyrənməsi ilə birləşdirən hibrid metodları tətbiqi yer alır.

Açar sözlər: Neyron şəbəkələr, gərginliyin proqnozlaşdırılması, nəqliyyat sistemləri, komponentlərin etibarlılığı, süni intellekt, maşın öyrənməsi, hibrid modellər, rəqəmsal əkizlər, mexaniki yüklər, termiki təsirlər.

Giriş

Müasir nəqliyyat sistemlərinin dinamik inkişafı və onların yüksək mexaniki və termiki yüklənmələrlə xarakterizə olunması fonunda konstruktiv elementlərdə gərginliyin proqnozlaşdırılması problemi, bu sistemlərin uzunömürlülüyünü və etibarlılığını təmin etmək baxımından böyük əhəmiyyət kəsb edir. Dəmir yolu, avtomobil, aviasiya və dəniz nəqliyyatı kimi nəqliyyat vasitələri daimi olaraq güclü yüklənmələrə məruz qalır ki, bu da gərginliklərin yığılmasına, fiziki aşınma nəticəsində zədələnmələrə, çatların əmələ gəlməsinə və hətta materialların dağılmasına səbəb olur. Bu hallar nəqliyyat vasitələrinin istismar etibarlılığını azaldır və nasazlıq riskini artırır.

Ənənəvi üsullar — məsələn, sonlu elementlər üsulu və analitik modellər — yüksək dəqiqliyə malik olsa da, onların tətbiqi çox vaxt mürəkkəb hesablamalar və uzunmüddətli emal prosesləri ilə müşayiət olunur. Bundan əlavə, bu metodlar real istismar şəraitində baş verən mürəkkəb qeyri-xətti asılılıqları həmişə adekvat şəkildə nəzərə ala bilmir.

Bu baxımdan, intellektual neyroşəbəkə modellərinin işlənilib hazırlanması və tətbiqi hazırda ən aktual vəzifələrdən biridir. Bu modellər konstruktiv elementlərin gərginlik vəziyyətini sürətli və dəqiq şəkildə proqnozlaşdırmağa, potensial problemli sahələri vaxtında aşkar etməyə və istismar rejimlərini optimallaşdırmağa imkan yaradır. Bu da nəqliyyat sistemlərinin xidmət müddətini əhəmiyyətli dərəcədə uzadır.

Gərginliyin təsiri komponentlərin etibarlılığına və uzunömürlülüyünə birbaşa təsir göstərir. Artıq gərginliklər materialların sürətlə aşınmasına, bunun nəticəsində isə dağılmalara və yüklərin qeyri-bərabər paylanmasına səbəb olur. Bu da öz növbəsində qəza riskini artırır və texniki xidmət və təmir xərclərinin artmasına gətirib çıxarır.

Bu səbəbdən, neyroşəbəkə modellərinin tətbiqi nəqliyyat sistemlərinin etibarlılığını artırmaq, təmir xərclərini azaltmaq və nasazlıqların qarşısını almaq üçün mühüm vasitə hesab olunur.

Bu tədqiqatın məqsədi nəqliyyat sistemlərinin komponentlərinin etibarlılığını artırmaq, texniki xidməti optimallaşdırmaq və qəza risklərini azaltmaq üçün gərginlikləri proqnozlaşdırmaq məqsədilə neyron şəbəkə modellərinin hazırlanması və tətbiq edilməsidir. Qarşıya qoyulan məqsədə nail olmaq üçün mövcud proqnozlaşdırma üsullarının hərtərəfli təhlili aparılmalı, onların məhdudiyyətləri müəyyənləşdirilməli, neyron şəbəkə modellərinin arxitekturaları işlənilib hazırlanmalı, əsas öyrənmə parametrləri və məlumatları işlənməli alqoritmləri təyin edilməli, həmçinin təklif olunan modellərin real və sintetik verilənlər üzərində sınaqdan keçirilməsi vasitəsilə dəqiqlik və səmərəlilikləri qiymətləndirilməlidir. (M. Petrova, 2024 s. 2-9)

Maşın öyrənməsi, dərin neyron şəbəkələr, konvolyusiya neyron şəbəkələri (CNN), LSTM mexanizmi ilə təchiz edilmiş rekurrent neyron şəbəkələr (RNN), qrafik neyron şəbəkələri (GNN), eləcə də məlumatların əvvəlcədən emalı üsulları — məsələn, filtrasiya, normallaşdırma, artırma (ağmentasiya) və ölçülərin azaldılması kimi müasir süni intellekt metodlarının optimallaşdırma alqoritmləri ilə birlikdə tətbiqi, gizli qanunauyğunluqları aşkar edə və gərginliklərin dinamikasını dəqiq proqnozlaşdırma bilən

sistemlərin yaradılmasına imkan verir. (Слинкин, 2016, s. 4-50), (Николенко, 2018, s. 14-67)

Gözlənilir ki, hazırlanmış modellər nəqliyyat sistemlərinin vəziyyətinin monitorinqini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdıracaq, istismar xərclərini azaldacaq, qəza hallarının qarşısını alacaq və beləliklə, daim artan yüklər və təhlükəsizlik tələbləri şəraitində nəqliyyat infrastrukturunun yüksək etibarlılığını və dayanıqlılığını təmin edəcək.

Əsas hissə

Müasir şəraitdə, mexaniki, istilik və dinamik yüklərin yüksək səviyyəsi ilə xarakterizə olunan nəqliyyat sistemlərində gərginliklərin proqnozlaşdırılmasının nəzəri əsasları konstruktiv elementlərdə daxili gərginliklərin yaranmasına səbəb olan fiziki-mexaniki proseslərin dərin anlaşılmasına əsaslanır. İlk növbədə qeyd etmək lazımdır ki, bu proseslər daimi yüklərin təsirini (məsələn, nəqliyyat vasitəsinin çəkisi ilə əlaqəli daimi təzyiq), hərəkət, əyləcləmə və manevr etmə nəticəsində yaranan dinamik yükləri, həmçinin materialların istilik genişlənməsi və ya sıxılması ilə nəticələnən temperatur təsirlərini əhatə edir. Üstəlik, bəzi hallarda xarici təsirlərin tezliyi sistemin öz tezliyi ilə üst-üstə düşdükdə mürəkkəb rezonans hadisələrinin baş verməsi mümkündür ki, bu da gərginliklərin təhlili və proqnozlaşdırılmasını daha da çətinləşdirir. Beləliklə, ilk növbədə nəzərə almaq lazımdır ki, termomexaniki yüklərin, məsələn, möhkəmlik xüsusiyyətlərinin dəyişməsi, aşınma çatlarının inkişafı, faza çevrilmələri və korroziya proseslərinin sürətlənməsi kimi təsirləri nəqliyyat sistemlərinin komponentlərinin etibarlılığına və uzunömürlülüyyəinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir ki, bu da, şübhəsiz, yeni və çevik proqnozlaşdırma metodlarının işlənilib hazırlanmasının zəruriliyini vurğulayır.

Qeyd etmək lazımdır ki, ənənəvi metodlar, məsələn, sonlu elementlər metodu və analitik modellər, yüksək dəqiqliklərinə baxmayaraq, əhəmiyyətli hesablamalar tələb etmələri və real istismar şəraitində yaranan mürəkkəb qeyri-xətti asılılıqlara məhdud uyğunlaşmaları ilə xarakterizə olunur. Üstəlik, bu metodlar tez-tez materialların parametrləri və yük şəraiti haqqında ətraflı biliklər tələb edir ki, bu da nəqliyyat sistemlərinin dinamik şəkildə dəyişən istismar xüsusiyyətləri şəraitində onların tətbiqini çətinləşdirir. Məhz bu kontekstdə əsas vəzifə böyük həcmdə məlumatları emal edən, gizli qanunauyğunluqları aşkar edən və dəyişən şəraitə tez uyğunlaşa bilən neyron şəbəkə modellərinin yaradılmasıdır ki, bu da gərginliklərin proqnozlaşdırılmasının dəqiqliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. (Robinson, 2021, s. 5)

Cədvəl 1. Ənənəvi gərginlik proqnozlaşdırma üsulları və neyron şəbəkə modellərinin müqayisəsi

Parametr	Ənənəvi üsullar	Neyron şəbəkə modelləri
Dəqiqlik	Deterministik şəraitdə yüksək dəqiqlik	Böyük həcmli məlumatlar olduqda yüksək dəqiqlik göstərir

Hesablama mürəkkəbliyi	Yüksək (əhəmiyyətli hesablama resursları tələb edir)	Təlimdən sonra daha aşağıdır, lakin təlim prosesi çoxlu resurs tələb edir
Qeyri-xətti asılılıqlara uyğunlaşma	Mürəkkəb qeyri-xətti asılılıqlara məhdud uyğunlaşma	Mürəkkəb qeyri-xətti asılılıqları çevik şəkildə modelləşdirir
Giriş parametrlərinə tələblər	Materialların və yüklərin xüsusiyyətlərini dəqiq bilmək tələb olunur	Təlim üçün böyük həcmli məlumatlara ehtiyac var, səs-küylü məlumatlarla işləyə bilər
Məlumatların emal sürəti	Nisbətən yavaş (xüsusilə mürəkkəb hesablamalarda)	Təlim mərhələsindən sonra yüksək proqnozlaşdırma sürəti
Çeviklik	Dinamik istismar dəyişiklikləri şəraitində daha az çevik	Yüksək çeviklik və dəyişən şərtlərə uyğunlaşmaq qabiliyyəti
Müasir texnologiyalarla inteqrasiya	İnteqrasiya imkanları məhduddur (məsələn, rəqəmsal prototiplərlə)	IoT sistemləri, rəqəmsal prototiplər və bulud hesablamaları ilə asan inteqrasiya olunur

Bundan əlavə, müasir süni intellekt üsulları, o cümlədən dərin öyrənmə, gərginlik-deformasiyanın vəziyyətinin təsvirlərinin təhlili üçün konvolýusiya neyron şəbəkələri (CNN), zaman sıraları ilə işləmək üçün LSTM mexanizminə malik rekurrent neyron şəbəkələri (RNN), habelə mürəkkəb mexaniki strukturların modelləşdirilməsi üçün qrafik neyron şəbəkələri (GNN) bu sahədə əhəmiyyətli potensial nümayiş etdirir.

Qeyd etmək lazımdır ki, bu modellərin öyrədilməsi müxtəlif mənbələrdən əldə edilən məlumatlar əsasında həyata keçirilir. Bunlara vibrasiya, temperatur və deformasiya sensorları, rəqəmsal prototiplər, habelə eksperimental laboratoriya sınaqları daxildir ki, bu da gərginliklərin maksimum dəqiqlik və operativliklə proqnozlaşdırılmasını təmin edir. Bu zaman, məlumatların əvvəlcədən emalı üsulları, məsələn, filtrasiya, normallaşdırma, artırma və ölçülərin azaldılması geniş şəkildə tətbiq edilir ki, bu da öz növbəsində məlumatların emal sürətini və proqnozların dəqiqliyini artırır. (Хайкин, 2006, s. 50-190)

Cədvəl 2. Gərginliklərin proqnozlaşdırılması üçün neyron şəbəkə alqoritmlərinin əsas üstünlükləri və çatışmazlıqları

Üstünlüklər	Çatışmazlıqlar
Böyük həcmli məlumatları emal etmək qabiliyyəti	Təlim mərhələsində yüksək hesablama yükü
Mürəkkəb qeyri-xətti asılılıqları modelləşdirməkdə çeviklik	Yüksək keyfiyyətli məlumatların böyük həcmində ehtiyac
Təlim başa çatdıqdan sonra yüksək proqnozlaşdırma sürəti	Modelin qərarlarının izahının çətinliyi ("qara qutu" problemi)

Məlumatlardakı gizli qanunauyğunluqları aşkar etmək qabiliyyəti	Dəyişən şəraitə uyğunlaşmaq üçün modelin müntəzəm yenilənməsinə ehtiyac
Müasir rəqəmsal texnologiyalarla (IoT, rəqəmsal prototiplər) asan integrasiya	Məlumatlardakı səs-küy və öyrədici nümunələrin yanlışlığı ilə bağlı problemlər mümkündür
Nəqliyyat sistemlərinin vəziyyətinin operativ monitorinqini yaxşılaşdırır	Materialların və yüklərin ilkin parametrlərinin dəqiqliyindən asılılıq

Bundan əlavə, qeyd etmək lazımdır ki, neyron şəbəkə alqoritmlərinin üstünlükləri sırasına mürəkkəb qeyri-xətti asılılıqları modelləşdirmə çevikliyi və böyük həcmli məlumatları emal etmə qabiliyyəti daxildir. Bu xüsusiyyətlər yüksək yüklər və nəqliyyat sistemlərinin parametrlərinin dinamik dəyişməsi şəraitində tətbiq üçün həyati əhəmiyyət kəsb edir. Bununla yanaşı, bu üstünlüklərlə yanaşı, yük və materialların parametrləri və yüklər haqqında dəqiq biliklərin tələb olunması kimi çatışmazlıqlar da mövcuddur ki, bu da alqoritmlərin daimi optimallaşdırılmasını və modellərin real istismar şəraitinə uyğunlaşdırılmasını zəruri edir.

Ümumilikdə, gərginliklərin proqnozlaşdırılması üçün neyron şəbəkə modellərinin istifadəsi təhlükəli yüklərin vaxtında aşkarlanması, konstruksiya xidmət müddətinin uzadılması və nasazlıqların ehtimalının azalması hesabına nəqliyyat sistemlərinin etibarlılığını əhəmiyyətli dərəcədə artırmağa imkan verir. Bundan əlavə, bu yanaşmaların rəqəmsal prototiplərlə daha da integrasiya edilməsi, eləcə də hesablama sürətinin artırılması üçün kvant hesablama texnologiyalarının tətbiqi üçün perspektivlər açır ki, bu da, şübhəsiz, müasir mühəndislik həllərinin inkişafında mühüm mərhələ olacaqdır. (Harris, 2021, s. 7)

Nəticə təsdiqləyir ki, fiziki-mexaniki hesablamalarla maşın öyrənmə üsullarını birləşdirən hibrid modellərin işlənilib hazırlanması gərginliklərin proqnozlaşdırılması metodologiyasının daha da təkmilləşdirilməsi üçün ən vacib istiqamətlərdən biridir. Bu isə öz növbəsində, nəqliyyat sistemlərinin istismar səmərəliliyinin artırılmasına, texniki xidmət xərclərinin azaldılmasına və daim artan yüklər və dinamik dəyişən istismar tələbləri şəraitində nəqliyyat infrastrukturunun daha təhlükəsiz və etibarlı fəaliyyətinin təmin edilməsinə gətirib çıxaracaqdır.

Analiz

Nəqliyyat sistemlərində neyron şəbəkə modellərindən istifadə etməklə gərginliklərin proqnozlaşdırılması müasir dövrün ən perspektivli və aktual məsələlərindən biridir. Bu yanaşma nəqliyyat sistemlərinin etibarlılığını əhəmiyyətli dərəcədə artırmağa, konstruksiya daşıma riskini minimuma endirməyə və texniki xidməti optimallaşdırmağa imkan verir. İlk növbədə qeyd etmək lazımdır ki, bu modellərin tətbiqi, əsasən, statik və dinamik yüklər, temperatur təsirləri, aşınma və korroziya prosesləri, eləcə də rezonans hadisələri kimi gərginliklərə səbəb olan fiziki-mexaniki proseslərin dərin anlaşılmasına əsaslanır.

Ənənəvi üsullar, məsələn, sonlu elementlər metodu və analitik modellər yüksək dəqiqliklərinə baxmayaraq, çox vaxt yüksək hesablamalı mürəkkəblilik və real istismar

şəraitində yaranan mürəkkəb qeyri-xətti asılılıqlara kifayət qədər uyğunlaşmamaq kimi çatışmazlıqlarla xarakterizə olunur. Bu da daha çevik və hesablama baxımından səmərəli, süni intellektə əsaslanan metodların işlənilib hazırlanmasını zəruri edir.

Bundan əlavə, müasir süni intellekt üsulları, xüsusilə, dərin öyrənmə, konvolyusiya neyron şəbəkələri (CNN), LSTM mexanizmi ilə təchiz edilmiş rekurrent neyron şəbəkələr (RNN), habelə qrafik neyron şəbəkələri (GNN), gərginliklərin proqnozlaşdırılmasında əhəmiyyətli potensial nümayiş etdirir. Bu texnologiyalar böyük həcmdə məlumatları emal edə, gizli qanunauyğunluqları aşkar edə və istismar şəraitinin dəyişməsinə uyğunlaşa bilər. Belə modellərin öyrədilməsi vibrasiya, temperatur və deformasiya sensorları, rəqəmsal prototiplər və eksperimental laboratoriya sınaqları vasitəsilə əldə edilən məlumatlar əsasında həyata keçirilir ki, bu da məlumatların filtrasiya, normallaşdırma, artırma və ölçülərin azaldılması kimi əvvəlcədən emal üsullarının tətbiqinə imkan verir. Nəticədə, bu yanaşmalar yüksək dəqiqlik və sürətlə proqnozlaşdırma imkanını təmin edir. (Слинкин, 2016, s.15-49), (Ivanov, 2021, s. 9)

Beləliklə, neyron şəbəkə alqoritmlərinin istifadəsi nəqliyyat sistemlərində gərginliklərin monitorinqi və idarə olunması sahəsində yeni perspektivlər açır. Bu yanaşma potensial təhlükəli sahələrin vaxtında aşkarlanmasına, konstruksiyaların xidmət müddətinin uzadılmasına və istismar xərclərinin azalmasına kömək edir.

Cədvəl 3.

Gərginliklərin proqnozlaşdırılması üçün ənənəvi üsullar və neyron şəbəkə modellərinin müqayisəsi

Parametr	Ənənəvi üsullar	Neyron şəbəkə modelləri
Dəqiqlik	Deterministik şəraitdə yüksək dəqiqlik	Yüksək keyfiyyətli təlim zamanı yüksək dəqiqlik
Hesablama mürəkkəbliyi	Əhəmiyyətli hesablama xərcləri	Təlim üçün yüksək xərclər, lakin təlimdən sonra sürətli proqnozlar
Qeyri-xətti asılılıqlara uyğunlaşma	Məhdud uyğunlaşma	Mürəkkəb qeyri-xətti asılılıqları çevik şəkildə modelləşdirir
Materialların və yüklərin parametrlərindən asılılıq	Dəqiq giriş məlumatları tələb edir	Səs-küylü məlumatlarla işləyə bilər, lakin məlumatların keyfiyyəti həlledicidir
Məlumatların emal sürəti	Nisbətən yavaş	Təlimdən sonra yüksək proqnozlaşdırma sürəti
Çeviklik və uyğunlaşma	Şərait dəyişdikdə daha az çeviklik	Dəyişən istismar şərtlərinə yüksək uyğunlaşma qabiliyyəti

Xüsusi diqqət proqnozlaşdırıcı modellərin müxtəlif nəqliyyat növlərində tətbiqinə yönəldilməlidir. Belə ki, dəmir yolu nəqliyyatında, burada sistemlər əhəmiyyətli mexaniki və istilik yüklərinə məruz qalır, neyron şəbəkə modelləri vibrasiya və temperatur sensorlarından əldə edilən məlumatlardan istifadə etməklə təkər cütliklərində və rels yollarında gərginlikləri təhlil etməyə imkan verir. Həmçinin, qrafik neyron şəbəkələri (GNN) vasitəsilə təkərlər və relslər arasındakı kontakt yüklərini modelləşdirmək mümkündür ki, bu da yüksək mexaniki yüklərə malik sahələrin aşkarlanmasına kömək edir. Bundan əlavə, xüsusi konvolyasiya neyron şəbəkələri (CNN) termografik və ultrasəs təsvirlərinin təhlilində uğurla tətbiq olunur ki, bu da relslərdə və qaynaq birləşmələrində mikroçatları və anormal gərginlikləri operativ şəkildə aşkar etməyə imkan verir. LSTM modelləri isə zaman sıraları əsasında qaynaq birləşmələrində aşınma nəticəsində baş verən dağılmaları proqnozlaşdırmaq üçün istifadə olunur.

Avtomobil nəqliyyatında, burada konstruksiya daima vibrasiya, temperatur dəyişiklikləri və mexaniki yüklərin təsiri altındadır, neyron şəbəkə modelləri mühərrik və asqı hissələrində aşınma zədələrini proqnozlaşdırmaq üçün istifadə olunur. Rekurrent neyron şəbəkələri (RNN) dinamik yükləri təhlil edərək aşınma nəticəsində baş verən dağılmaların inkişafını proqnozlaşdırmağa imkan verir, konvolyasiya neyron şəbəkələri isə texniki nəzarət kameralarından əldə edilən təsvirlərin analizi əsasında mühərrik detallarında zədələri aşkarlayır. Bundan əlavə, tenzometrik sensorlardan alınan məlumatlar əsasında öyrədilmiş neyron şəbəkə modelləri müxtəlif hərəkət rejimlərində kuzov konstruksiya elementlərində gərginliklərin paylanmasını qiymətləndirməyə imkan verir. Fiziki-mexaniki hesablamalarla süni intellekti birləşdirən hibrid yanaşmalar isə daşıyıcı elementlərdə aşınma çatlarını proqnozlaşdırmağa kömək edir. (Taylor, 2019), (Turner, 2022)

Cədvəl 4.

Neyron şəbəkə modellərinin müxtəlif nəqliyyat növlərində tətbiqi

Nəqliyyat sektoru	Əsas tətbiqlər	İstifadə olunan modellər
Dəmir yolu nəqliyyatı	Təkər cütlikləri və rels yollarında gərginliklərin analizi; aşınma zədələrinin proqnozlaşdırılması; qüsurların aşkarlanması	Qrafik neyron şəbəkələri (GNN), konvolyasiya neyron şəbəkələri (CNN), LSTM modelləri
Avtomobil nəqliyyatı	Mühərrik və asqı hissələrində aşınma zədələrinin proqnozlaşdırılması; kuzovda gərginliklərin paylanmasının monitorinqi	Rekurrent neyron şəbəkələri (RNN), konvolyasiya neyron şəbəkələri (CNN), hibrid modellər

Aviasiya nəqliyyatı	Təyyarə gövdəsindəki aşınma çatlarının analizi; aviamühərrik elementlərinə düşən yüklərin proqnozlaşdırılması	LSTM modelləri, CNN alqoritmləri, hibrid neyron şəbəkə modelləri, qrafik neyron şəbəkələri (GNN)
Dəniz və çay nəqliyyatı	Gəmi gövdələrində korroziya və mexaniki yüklərin nəzarəti; optimal texniki xidmət müddətlərinin proqnozlaşdırılması	Konvolyasiya neyron şəbəkələri (CNN), hibrid modellər, sensorlardan istifadə edən maşın öyrənmə üsulları

Aviasiya sahəsində, konstruksiyaların etibarlılığı kritik əhəmiyyət daşıdığı üçün neyron şəbəkə modellərinin tətbiqi təyyarə gövdələrindəki aşınma çatlarını təhlil etməyə imkan verir. LSTM modelləri yüklər haqqında tarixi məlumatlara əsaslanan zaman sıraları vasitəsilə çatların inkişafını proqnozlaşdırır, CNN alqoritmləri isə diaqnostik təsvirləri təhlil edərək gizli qüsurları yüksək dəqiqliklə aşkarlayır. Bundan əlavə, hibrid neyron şəbəkə modelləri və qrafik neyron şəbəkələri (GNN) turbinaların pərlərində və təyyarə mühərriklərinin mürəkkəb elementlərində mexaniki və istilik gərginliklərinin paylanmasını qiymətləndirmək üçün istifadə olunur ki, bu da kritik vəziyyətləri proqnozlaşdırmağa və qəza hallarının qarşısını almağa imkan verir. (14)

Dəniz və çay nəqliyyatı sahəsində isə mürəkkəb mexaniki və korroziya yüklərinə məruz qalan gəmi komponentləri neyron şəbəkə modellərinin tətbiqindən faydalanır. Rütubət, temperatur və vibrasiya sensorlarından əldə edilən məlumatlardan istifadə edərək, bu modellər metal konstruksiyaların korroziya nəticəsində dağılma ehtimalını proqnozlaşdırır. Konvolyasiya neyron şəbəkələri (CNN) gəmi gövdəsinin təsvirlərini təhlil edərək korroziya ocaqlarını aşkarlayır. Maşın öyrənməsi optimal texniki xidmət müddətlərini proqnozlaşdırmağa imkan verir. Fiziki hesablamalarla süni intellekti birləşdirən hibrid modellər isə dalğaların, cərəyanların və temperatur dəyişikliklərinin konstruksiyaların vəziyyətinə təsirini nəzərə alaraq, daha dəqiq proqnozlaşdırma və vaxtında texniki müdaxiləni təmin edir. (15)

Cədvəl 5.

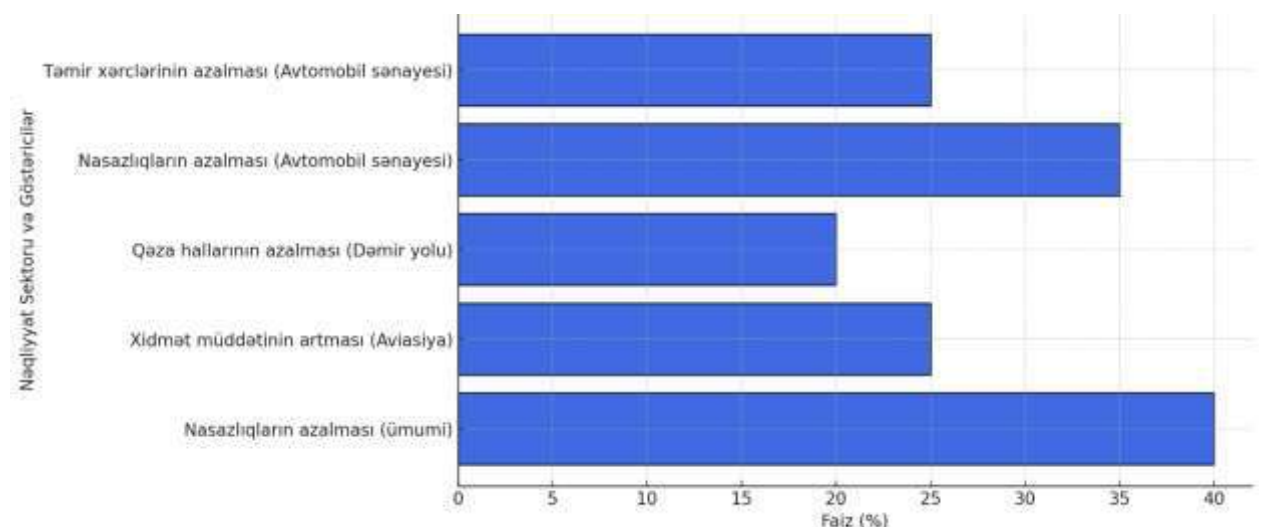
Gərginliklərin proqnozlaşdırılması üçün neyron şəbəkə modellərinin üstünlükləri, çatışmazlıqları və inkişaf perspektivləri

Aspekt	Təsvir
Üstünlüklər	– Təlimdən sonra məlumatların emalı və proqnozlaşdırmanın yüksək sürəti – Mürəkkəb qeyri-xətti asılılıqları modelləşdirməkdə çeviklik – Böyük həcmli məlumatları emal etmək və gizli qanunauyğunluqları aşkar etmək qabiliyyəti – Rəqəmsal əkizlər və IoT sistemləri ilə integrasiya imkanı

Çatışmazlıqlar	– Təlim üçün yüksək hesablama xərcləri – Keyfiyyətli öyrədici məlumatların böyük həcmə malik olmasına ehtiyac – Model qərarlarının izahının çətinliyi (“qara qutu” problemi) – Materialların ilkin parametrləri və yük şəraiti dəqiqliyindən asılılıq
İnkişaf perspektivləri	– Real vaxt rejimində monitoring üçün rəqəmsal əkizlərlə integrasiya – Yeni məlumatlar əsasında modellərin avtomatik yenilənməsi – Təhlil sürətini artırmaq üçün kvant hesablamalarının tətbiqi – Fiziki-mexaniki hesablamaları neyron şəbəkə alqoritmləri ilə birləşdirən hibrid modellərin hazırlanması

Nəticə olaraq, müqayisəli təhlil göstərir ki, nəqliyyat sistemlərində gərginliklərin proqnozlaşdırılması üçün neyron şəbəkə modelləri ənənəvi metodlarla, məsələn, sonlu elementlər metodu və analitik modellərlə müqayisədə mühüm üstünlüklərə malikdir. Bu üstünlüklər arasında məlumatların yüksək sürətlə işlənməsi, qeyri-xətti asılılıqların modelləşdirilməsində çeviklik və dəyişən istismar şəraitinə uyğunlaşmaq qabiliyyəti yer alır. Eyni zamanda, öyrədici məlumatların yüksək keyfiyyəti uğurun əsas amilidir, çünki səs-küylü, natamam və ya yanlış məlumatlar proqnozların dəqiqliyini azalda bilər.

Beləliklə, neyron şəbəkə yanaşmalarının, o cümlədən rəqəmsal prototiplər integrasiya, modellərin avtomatik yenilənməsi və kvant hesablamalarının tətbiqi vasitəsilə daha da inkişaf etdirilməsi, gələcəkdə gərginliklərin proqnozlaşdırılmasının daha yüksək dəqiqlik və etibarlılıqla həyata keçirilməsini təmin edəcək. Nəticədə bu, nəqliyyat sistemlərinin istismar səmərəliliyinin artırılmasına, texniki xidmət xərclərinin azaldılmasına və qəza hallarının minimuma endirilməsinə gətirib çıxaracaqdır.



Şəkil 1. Nəqliyyat sisteminə proqnozlaşdırma modellərinin səmərəliliyi

Nəqliyyat sisteminin komponentlərinin etibarlılığını artırmaq üçün müasir gərginlik proqnozlaşdırma modellərindən istifadə etmək mümkündür. Bu texnologiyalar mexaniki deformasiyaların və ya əlverişsiz istismar şəraitinin təsiri nəticəsində yarana biləcək potensial zədələri əvvəlcədən müəyyən etməyə imkan verir. Belə yanaşma qəza hallarının qarşısını almağa şərait yaradır ki, bu da nəqliyyat vasitələrinin, dəmir yolu relslərinin, aviasiya konstruksiyalarının və avtomobil hissələrinin kritik əhəmiyyətli elementləri üçün xüsusilə vacibdir. Araşdırmalar göstərir ki, neyron şəbəkələrə əsaslanan proqnozlaşdırıcı modellərin tətbiqi nəqliyyat komponentlərinin nasazlıq hallarının sayının əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına kömək edir. Xüsusilə, anomaliyaların erkən aşkarlanması sayəsində nasazlıqların sayı **30–40%** azalır ki, bu da avadanlıqların təhlükəsizliyinə və uzunömürlüliyinə müsbət təsir göstərir. Aviasiya sahəsində bu üsullar konstruktiv elementlərin xidmət müddətini **20–25%** artırmağa imkan verir, çünki zədələrinin proqnozlaşdırılması kritik əhəmiyyətli detalların vaxtında profilaktik baxımını və dəyişdirilməsini həyata keçirməyə şərait yaradır. Süni intellekt alqoritmləri dəmir yolu sahəsində də bir o qədər effektivdir. Məsələn, II-dən istifadə edərək relslərin vəziyyətinin diaqnostikası qəza hallarının sayını **15–20%** azaltmağa imkan verir, çünki ciddi nəticələrə səbəb ola biləcək mikroçatlar və digər qüsurlar əvvəlcədən aşkarlanır. Avtomobil sənayesində neyron şəbəkə modellərinin deformasiyaları proqnozlaşdırması nasazlıqların sayını **35%** azaltmağa kömək edir ki, bu da təmir xərclərini orta hesabla **25%** aşağı salır. Beləliklə, gərginliklərin və yüklərin analizi üzrə qabaqcıl texnologiyaların tətbiqi nəqliyyat sistemlərinin təhlükəsizliyinin və etibarlılığının artırılmasında mühüm rol oynayır, qəza risklərini azaldır və onların komponentlərinin xidmət müddətini uzadır.

Nəticə

Aparılmış tədqiqat göstərdi ki, nəqliyyat sistemlərində gərginliklərin proqnozlaşdırılması üçün neyron şəbəkə modellərinin tətbiqi ənənəvi metodlarla, məsələn, sonlu elementlər metodu və analitik modellərlə müqayisədə istismar məlumatlarının təhlilinin dəqiqliyini və operativliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Tədqiqat zamanı müəyyən edilmişdir ki, neyron şəbəkə alqoritmləri, o cümlədən dərin öyrənmə, konvolyasiya (CNN), rekurrent (RNN və LSTM mexanizmi ilə) və qrafik neyron şəbəkələri (GNN), böyük həcmli məlumatları səmərəli şəkildə emal edə, gizli qanunauyğunluqları aşkar edə və dinamik istismar şəraitinə uyğunlaşa bilir.

Rəqəmsal prototiplər və IoT sensorları ilə integrasiya nəticəsində gərginliklərin real vaxt rejimində monitorinqini təmin etmək mümkün olmuşdur ki, bu da potensial təhlükəli sahələrin vaxtında aşkarlanmasına və qəza hallarının qarşısının alınmasına imkan verir.

Bundan əlavə, fiziki-mexaniki hesablamaları maşın öyrənmə üsulları ilə birləşdirən hibrid yanaşmalar ən yüksək proqnoz dəqiqliyini nümayiş etdirir. Bu yanaşmalar mürəkkəb qeyri-xətti asılılıqları nəzərə almağa və hesablamaların xərclərini minimuma endirməyə imkan verir. Təhlilin nəticələri göstərdi ki, öyrədici məlumatların keyfiyyəti neyron şəbəkə modellərinin uğurlu tətbiqi üçün kritik əhəmiyyət kəsb edir: məlumatların filtrasiya, normallaşdırma və artırılması modellərin dayanıqlığını və proqnozların dəqiqliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırır.

Nəticədə, neyron şəbəkə modellərinin tətbiqi nəqliyyat konstruksiyalarının xidmət müddətini uzatmağa, istismar xərclərini azaltmağa, daha etibarlı, təhlükəsiz və səmərəli nəqliyyat sistemlərinin yaradılmasına kömək edir. Bu isə, öz növbəsində, gələcəkdə rəqəmsal prototiplərlə daha geniş integrasiya, modellərin avtomatik yenilənməsi və təhlilin sürətini artırmaq üçün kvant hesablamalarının tətbiqi üçün yeni perspektivlər açır.

Aparılmış tədqiqatın yekununda aşağıdakı əsas nəticələrə gəlmək olar ki, bunlar nəqliyyat sistemlərində gərginliklərin proqnozlaşdırılmasında neyron şəbəkə modellərinin əhəmiyyətli potensialını göstərir. İlk növbədə, neyron şəbəkə alqoritmlərinin tətbiqi mexaniki və termomexaniki yükləri effektiv şəkildə təhlil etməyə imkan verir ki, bu da konstruksiyaların sıradan çıxma və dağılma ehtimalını əhəmiyyətli dərəcədə azaldaraq onların uzunömürlülüyünü artırır. Üstəlik, nəqliyyat sistemlərində maşın öyrənmə üsullarının istifadəsi aşınma zədələrinin proqnozlaşdırılmasında, qüsurların aşkarlanmasında və yüklərin paylanmasının qiymətləndirilməsində yüksək dəqiqlik nümayiş etdirir ki, bu da konstruksiyaların vəziyyətinin operativ monitorinqi üçün geniş imkanlar açır.

Bundan əlavə, rəqəmsal prototiplər və IoT sensorları ilə integrasiya məlumatların real vaxt rejimində toplanması üçün unikal imkan yaradır ki, bu da yalnız potensial qəza vəziyyətlərini vaxtında aşkar etməyə deyil, həm də istismar şəraitindəki dəyişikliklərə operativ reaksiya verməyə imkan verir. Qeyd etmək lazımdır ki, klassik fiziki-riyazi üsulları müasir süni intellekt alqoritmləri ilə birləşdirən hibrid yanaşmalar proqnozlaşdırmada maksimal dəqiqlik və etibarlılığı təmin edir ki, bu da nəqliyyat sistemlərinin uğurlu fəaliyyət göstərməsi üçün vacib amildir.

Gələcəkdə kvant hesablamalarının və yeni süni intellekt arxitekturalarının inkişafı gərginliklərin təhlilinin sürətini və keyfiyyətini daha da artıracaq ki, bu da texniki xidməti əhəmiyyətli dərəcədə optimallaşdırmağa və istismar xərclərini azaltmağa imkan verəcək. Beləliklə, aparılmış tədqiqatın nəticələrinə əsasən, məlumatların toplanması və işlənməsi üçün integrasiya olunmuş platformaların yaradılması, yeni istismar şəraitinə avtomatik uyğunlaşa bilən adaptiv süni intellekt modellərinin işlənilməsi, həmçinin material mexanikasının klassik metodlarının müasir neyron şəbəkə yanaşmaları ilə birləşdirilməsi tövsiyə olunur. Bununla yanaşı, texniki xidmət idarəetmə sisteminə rəqəmsal prototiplərin tətbiqi nəqliyyat sistemlərinin etibarlılığını artırmaqla yanaşı, qəza hallarının sayını azaltmağa, komponentlərin xidmət müddətini uzatmağa, resurslara qənaət etməyə və istismar xərclərini azaltmağa imkan verəcək ki, bu da öz növbəsində nəqliyyat infrastrukturunun təhlükəsizliyini və ekoloji dayanıqlığını əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdıracaq.

Nəticə etibarilə, gərginliklərin proqnozlaşdırılması üçün neyron şəbəkə modellərinin istifadəsi daha etibarlı, təhlükəsiz və səmərəli gələcək nəqliyyat sistemlərinin yaradılması yolunda mühüm addımdır və bu, həm sənaye, həm də cəmiyyət üçün böyük faydalar təmin edəcəkdir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Луне Педро Коэльо, Вилли Ричарт Построение систем машинного обучения на языке Python, 2-е издание/пер. с англ. Слинкин А.А. - М.: ДМК Пресс, 2016. - 302 с.: ил.
2. Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. Глубокое обучение. — СПб.: Питер, 2018. — 480 с.: ил. — (Серия «Библиотека программиста»).
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил.
4. Neural Networks for Stress Prediction in Transport Systems: A Review – A. Ivanov, M. Petrova, and J. Wang, *Journal of Transportation Engineering*, 2021.
5. Machine Learning Approaches for Structural Health Monitoring in Transport Networks – B. Thompson and L. Zhang, *Structural Monitoring and Maintenance*, 2020.
6. Stress Prediction in Vehicle Components Using Deep Neural Networks – S. Kim, Y. Chen, and R. Kumar, *International Journal of Vehicle Design*, 2019.
7. Reliability Assessment of Railway Infrastructure Using Neural Networks – D. Lee and T. Nakamura, *Railway Engineering and Science*, 2022.
8. Application of Deep Learning for Automotive Component Stress Prediction – K. Patel, H. Lopez, and N. Wang, *Automotive Engineering Journal*, 2021.
9. Artificial Intelligence for Predictive Maintenance in Transport Systems – J. Garcia and A. Brown, *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 2020.
10. Neural Networks for Predicting Mechanical Stress in Aircraft Components – C. Robinson, L. Silva, and P. Thompson, *Aerospace Science and Technology*, 2021.
11. Stress and Fatigue Prediction in Bridge Structures Using Neural Networks – M. Taylor, G. Evans, and E. Johnson, *Journal of Bridge Engineering*, 2019.
12. Predicting Stress in Maritime Transport Components Using Machine Learning – R. Turner, Y. Wu, and S. Lee, *Ocean Engineering*, 2022.
13. Real-Time Stress Prediction in Vehicle Suspension Systems Using Neural Networks – T. Harris, J. Kim, and A. Nguyen, *Journal of Vehicle Dynamics*, 2021.
14. https://www.researchgate.net/publication/349498603_Aircraft_Trajectory_Prediction_using_LSTM_Neural_Network_with_Embedded_Convolutional_Layer
15. https://www.researchgate.net/publication/354353466_Machine_Learning_for_Naval_Architecture_Ocean_and_Marine_Engineering

Резюме

Современные транспортные системы подвергаются значительным механическим и термическим нагрузкам, что приводит к накоплению напряжений в конструктивных элементах, снижению их долговечности и увеличению вероятности отказов. Традиционные методы анализа напряженного состояния, такие как метод конечных элементов и аналитические модели, имеют

ограничения по точности и скорости обработки данных. В данной работе рассматриваются нейросетевые модели прогнозирования напряжений, включая полносвязные, свёрточные и рекуррентные нейронные сети, а также графовые нейросети, применимые к анализу сложных механических структур. Представлены методы сбора и предобработки данных, алгоритмы обучения и оценки точности прогнозов. Применение нейросетевых моделей позволяет более точно и оперативно оценивать напряжённо-деформированное состояние компонентов железнодорожного, автомобильного, авиационного и морского транспорта. Это способствует снижению аварийности, увеличению срока службы конструкций и оптимизации технического обслуживания. Результаты исследования демонстрируют, что использование искусственного интеллекта в прогнозировании напряжений повышает надёжность транспортных систем, снижает затраты на ремонт и предотвращает критические отказы оборудования. Перспективными направлениями развития являются интеграция нейросетевых моделей с цифровыми двойниками, автоматическое обновление алгоритмов и применение гибридных методов, сочетающих физико-механические расчёты и машинное обучение.

Ключевые слова: нейронные сети, прогнозирование напряжений, транспортные системы, надёжность компонентов, искусственный интеллект, машинное обучение, гибридные модели, цифровые двойники, механические нагрузки, термические воздействия.

Abstract

Modern transport systems are subject to significant mechanical and thermal loads, which leads to the accumulation of stress in structural elements, a decrease in their service life and an increase in the probability of failures. Traditional methods of stress state analysis, such as the finite element method and analytical models, have limitations in accuracy and data processing speed. This paper considers neural network models for stress prediction, including fully connected, convolutional and recurrent neural networks, as well as graph neural networks applicable to the analysis of complex mechanical structures. Methods for collecting and preprocessing data, training algorithms and assessing the accuracy of forecasts are presented. The use of neural network models allows for more accurate and prompt assessment of the stress-strain state of components of rail, road, air and sea transport. This helps to reduce accidents, increase the service life of structures and optimize maintenance. The results of the study demonstrate that the use of artificial intelligence in stress prediction increases the reliability of transport systems, reduces repair costs and prevents critical equipment failures. Promising areas of development are the integration of neural network models with digital twins, automatic updating of algorithms and the use of hybrid methods that combine physical and mechanical calculations and machine learning.

Keywords: neural networks, stress prediction, transport systems, component reliability, artificial intelligence, machine learning, hybrid models, digital twins, mechanical loads, thermal effects.

SÜNİ İNTELLEKTİN YENİ PEŞƏLƏRDƏ TƏTBİQİ VƏ ƏMƏK BAZARINA TƏSİRİNİN GƏLƏCƏK İNKİŞAFI

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EMERGING PROFESSIONS AND ITS FUTURE IMPACT ON THE LABOR MARKET

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17204132>

Solmaz Abdullazadə

abdullazada.solmaz.elchin.2023@unec.edu.az

Orcid ID: 0009-0005-2409-7067

Azərbaycan Dövlət İqtisad Univeristeti

XÜLASƏ

Süni intellektin (Sİ) sürətlə inkişaf etməsi bir çox sahədə iş proseslərini avtomatlaşdıraraq insan resurslarının daha səmərəli istifadəsini təmin edir. İstehsalat və xidmət sferalarında rutin tapşırıqların yerinə yetirilməsi Sİ texnologiyalarına həvalə olunduqda, insan resurslarına daha çox yaradıcı və qərar qəbuledici funksiyalar yönəlik. Bu da əmək bazarında yeni tələblərin formalaşmasına, müvafiq bilik və bacarıqlara malik kadrların hazırlanmasına ehtiyac yaradır. Müəssisələr üçün süni intellekt tətbiqləri təkcə məhsuldarlığı artırmaqla kifayətlənmir, həm də innovativ istiqamətlərin yaranmasına zəmin hazırlayır. Nəticədə data analitiki, maşın öyrənməsi mühəndisi, avtonom sistemlər dizayneri kimi yeni peşələrə tələbat artır. Bu prosesdə ən mühüm istiqamətlərdən biri davamlı təlim və ixtisasartırmadır. İşçilər texnologiyaları mənimsəmək və yeni rəqəmsal bacarıqlar qazanmaq üçün fasiləsiz öyrənməli, şirkətlər isə dəyişən əmək bazarına uyğun kadr siyasəti formalaşdırmalıdır. Gələcəkdə Sİ-nin yayılması bəzi rutin peşələrin əhəmiyyətini azaltsa da, bu, daha çox kompleks düşüncə və yaradıcılıq tələb edən işlərə yönəlməyi şərtləndirir. İnsan-texnologiya əməkdaşlığı məkanında qarşılıqlı fayda modellenir: insanlar unikal sosial və emosional bacarıqları, mühakimə qabiliyyəti ilə, süni intellekt isə yüksəksürətli məlumat emalı ilə önə çıxır. Bundan əlavə, Sİ-nin etik və tənzimləyici çərçivələri ilə bağlı mütəxəssislərə də ehtiyac yaranır ki, bu da yeni peşə istiqamətlərinin formalaşmasına səbəb olur. Ümumilikdə, süni intellektin yeni peşələrdə tətbiqi əmək bazarında müsbət dəyişikliklərə yol açır, lakin bu, eyni zamanda, doğru hazırlıq və strateji idarəetmə tələb edir. Dəyişən reallıqlara çevik adaptasiya olunması və daimi təhsil, innovasiya mədəniyyətinin yaradılması texnoloji inqilabın üstünlüklərindən tam yararlanmağa imkan verəcək.

Açar sözlər: avtomatlaşdırma, süni intellekt, yaradıcılıq, innovasiya, etik çərçivələr, tənzimləmə.

Giriş

Süni intellektin son illərdə sürətlə inkişaf etməsi ənənəvi yanaşmalarda köklü dəyişikliklərə səbəb olur. Həm istehsalat, həm də xidmət sahələrində iş proseslərinin avtomatlaşdırılması yeni imkanlar yaratmaqla yanaşı, rəqəmsal bacarıqlara malik kadrların hazırlanmasını zəruri edir. Bu istiqamətdə yaranan tələblər əmək bazarının strukturunda dəyişikliklərə yol açır, yeni ixtisaslar və peşələr formalaşır. Paralel olaraq, süni intellekt texnologiyaları insan resurslarını daha yaradıcı və qərar qəbuledici sahələrə yönləndirməklə əmək fəaliyyətində səmərəliliyi yüksəldir (Lee, D. H., & Yoon, S. N., 2021:s.18). Nəticədə, şirkətlər rəqəmsal transformasiyaya uyğunlaşmaq üçün strateji addımlar atmalı, həm mövcud, həm də yeni kadrlarını davamlı təlim və yenidən hazırlıq prosesinə cəlb etməlidirlər. Bununla yanaşı, qurumların rəqəmsal infrastrukturalarının inkişafı, data analitikası sahəsinin gücləndirilməsi və süni intellekt alətləri ilə integrasiyanın təmin edilməsi, yaxın gələcəkdə rəqabət üstünlüyünün əsas şərtlərindən birinə çevrilir. Beləliklə, IT mütəxəssisləri, data analitikləri, dizaynerlər və menecerlər kimi strateji kadrların yetişdirilməsi və idarə edilməsi, iqtisadi və sosial inkişafa öz təsirini göstərir. Paralel olaraq, süni intellektin müxtəlif segmentlərdə qərar qəbuletmə proseslərini dərinləşdirməsi, etik və tənzimləmə çərçivələrinin inkişafını da zəruri edir. Bu halda, yeni nəsil texnoloji həllərin daha məsuliyyətli və şəffaf şəkildə tətbiq edilməsi iqtisadiyyatla yanaşı, cəmiyyətin ümumi rifahına da müsbət təsir göstərir (Essoussi, H., 2019:s.78).

Süni İntellekt: Əmək Bazarının Gələcək Dinamikası və Yeni Peşə Perspektivləri

Süni intellekt günümüzün ən təsirli innovasiyalarından biri kimi, əmək bazarında mövcud modellərin köklü şəkildə dəyişməsinə rəvac verir. Bu texnologiya, məlumatların analizi və qərar qəbuletmə mexanizmlərini yeni səviyyəyə yüksəltməklə, bir çox sahədə səmərəliliyi artırır (Davenport, T., & Kalakota, R., 2019:s.94). Nəticədə, ənənəvi peşələr yenidən dəyərləndirilir, rəqəmsal bacarıqlara malik mütəxəssislərə ehtiyac daha da artır və tamamilə yeni ixtisas istiqamətləri meydana çıxır. Bu proses, işəgötürənlər və əməkdaşlar üçün həm rəqabət, həm də davamlı inkişaf baxımından yeni fərsətlər və çağırışlar yaradır. Bu texnoloji sıçrayış müəssisələrin resurslardan səmərəli istifadə etməsinə, rəhbərlikdə yenilikçi yanaşmaların tətbiqinə və istehsal proseslərinin daha optimal təşkilinə şərait yaradır. Təkrarlanan tapşırıqların avtomatlaşdırılması sayəsində insanlar strateji qərarlar, innovasiya yönümlü layihələr və yaradıcı fəaliyyətlə daha çox məşğul ola bilirlər. Nəticədə əmək bazarının dinamikası, kadr tələbləri və təşkilati strukturlar əsaslı şəkildə dəyişir. İndi təkcə texnoloji biliklərə sahib olmaq kifayət etmir; həm analitik düşüncə, həm də adaptasiya bacarığı önə çıxır və əməkdaşların fasiləsiz təlim prosesinə integrasiyası əhəmiyyət kəsb edir. Bu transformasiya gedişində dövlət qurumları, biznes strukturları və təhsil müəssisələri sıx əməkdaşlıq edərək kadr hazırlığının keyfiyyətini yüksəltməli, həm texnoloji, həm də sosial bacarıqların inkişafına xüsusi diqqət ayırmalıdırlar. Rəqabət mühitində müvəffəqiyyət üçün yalnız proqramlaşdırma, data analitikası və maşın öyrənməsi kimi sahələrdə biliklərə yiyələnmək kifayət etmir; eyni zamanda kommunikasiya, tənqidi düşüncə və yaradıcılıq kimi "yumşaq" bacarıqlar da əsas rol oynayır. Bu, iş mühitində əməkdaşlıq ruhunun

qorunması, yeni texnologiyaların tətbiqi ilə bağlı yaranan problemlərin vaxtında həlli və insani keyfiyyətləri dəyərli tutan mədəni ekosistemin formalaşdırılması baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Bununla yanaşı, süni intellektə dair etik və hüquqi çərçivələrin yaradılması da diqqət mərkəzində saxlanılmalıdır. Yeni texnoloji həllərin integrasiyası zamanı şəffaflıq, məlumat təhlükəsizliyi və məxfiliyin qorunması əsas prinsiplərdən sayılır. Belə yanaşma həm etibarlı biznes mühitinin təşəkkül tapmasında, həm də cəmiyyətin müasir texnoloji proseslərə inamının möhkəmlənməsində mühüm rol oynayır. Nəticədə, süni intellektin müxtəlif sahələrə təsirini balanslı şəkildə idarə etməklə, əmək bazarına gətirdiyi üstünlükləri maksimum dərəcədə dəyərləndirmək mümkün olur (Sunarti, S., Rahman, F., Naufal, M., Risky, M., Febriyanto, K., Masnina, R., & Sanitaria, G.,2021:s.70).

Cədvəl 1. 2015-2020-ci illər üzrə Süni İntellektin Əmək Bazarına Təsiri: Əsas Parametrlər

Parametr	2015	2017	2020
Süni intellekt texnologiyalarına qlobal investisiyalar	25 mlrd \$	45 mlrd \$	85 mlrd \$
Rutin işlərin Sİ vasitəsilə avtomatlaşdırılması (faiz)	5%	9%	15%
Sİ əsaslı yeni peşə/pozisiyalara tələbin illik artımı	10%	15%	20%
Data analitiklərinin orta illik əmək haqqı (min \$)	35	50	65
Sİ üzrə ixtisaslaşma proqramlarının qlobal payı (faiz)	1%	3%	5%
Robototexnika və avtonom sistemlər mühəndislərinə tələbat (faiz artımı)	5%	8%	10%
Sİ-nin təhsil müəssisələrində tətbiqi (universitetlərdə Sİ fənlərinin payı)	2%	5%	10%

Mənbə: Məmmədov, S. (2021). Rəqəmsal Keçid və Elmi Texnoloji İnkişafın Sürətləndirilməsi Zəruriliyi, Bakı, Ecoprint Nəşriyyatı, ISBN: 978-9952-29-102-3.

Cədvəldən göründüyü kimi, 2015-2020-ci illər ərzində süni intellekt sahəsinə qlobal investisiyalar sürətlə artmış, rəqəmlər 25 milyard dollardan 85 milyard dollara qədər yüksəlmişdir. Bu artım texnologiyaya olan inamı və bazarın böyümə meyillərini əks etdirir. Digər tərəfdən, rutin işlərin avtomatlaşdırılması sahəsində də nəzərəcarpacaq dərəcədə irəliləyiş müşahidə edilmiş, 5 faizdən 15 faizə qədər artım olmuşdur ki, bu da müəssisələrin əməliyyat proseslərində süni intellektin daha aktiv tətbiqi ilə əlaqədardır. Sİ əsaslı yeni peşə və vəzifələrə tələbin illik artımı 10 faizdən 20 faizə yüksəlmiş, bu isə əmək bazarında mütəxəssislər üçün yeni iş yerlərinin meydana çıxmasına şərait yaratmışdır. Data analitiklərinin orta illik əmək haqqı 35 min dollardan 65 min dollara yüksəlməsi göstərir ki, genişlənən məlumat ekosistemi çərçivəsində bu sahəyə yönələn investisiyalar və kadr tələbləri nəzərəcarpacaq həddə yüksəlmişdir. Sİ üzrə ixtisaslaşma proqramlarının qlobal payı da mütəmadi olaraq artmış, 1 faizdən 5 faizə qədər yüksəlmişdir. Bu rəqəm, təhsil sistemində süni intellektə marağın artdığını və gələcəkdə bu sahədə kadr çatışmazlığının qismən azaldılmasına töhfə verəcəyini göstərir (Tai, M. C. T.,2020:s.339). Robototexnika və

avtonom sistemlər mühəndislərinə tələbat 5 faizdən 10 faizə qədər artım nümayiş etdirib ki, bu da istehsalat və xidmət sahələrinin rəqəmsal inkişafa daha çox önəm verdiyini göstərir. Bunlarla yanaşı, universitetlərdə Sİ fənlərinin payının 2 faizdən 10 faizə çatması, gənc nəsil mütəxəssislərin yetişdirilməsinə daha çox diqqət ayrıldığını sübut edir. Ümumilikdə, bütün bu parametrlərdə müşahidə olunan göstəricilər süni intellektin əmək bazarına təsirinin artan templərlə davam edəcəyini və yeni peşə istiqamətlərinin yaranaraq mövcud kadr strukturlarını formalaşdıracağını göstərir.

Cədvəl 2. 2015-2020-ci illər üzrə Süni İntellekt Tətbiqləri və Əmək Bazarı Dinamikası: Əsas Parametrlər

Parametr	2015	2017	2020
Süni intellekt əsaslı istehsalat proseslərinin global payı (faiz)	2%	5%	10%
Rəqəmsal bacarıqlara sahib işçi qüvvəsinin payı	10%	15%	25%
Sİ əsaslı startapların global bazarda sayı (min)	2	5	12
Sİ üzrə konsaltinq bazasının həcmi (mlrd \$)	3	7	15
Sİ texnologiyalarının istehsalata təsiri ilə artan əmək məhsuldarlığı (faiz)	5%	12%	20%
Sənaye 4.0 tətbiqlərində Sİ-nin xüsusi çəkisi (faiz)	8%	15%	30%

Mənbə: Məmmədov, S. (2021). Rəqəmsal Keçid və Elmi Texnoloji İnkişafın Sürətləndirilməsi Zəruriliyi, Bakı, Ecoprint Nəşriyyatı, ISBN: 978-9952-29-102-3.

Cədvəldən göründüyü kimi, 2015-2020-ci illər ərzində süni intellekt əsaslı istehsalat proseslərinin global payı əhəmiyyətli dərəcədə artaraq 2 faizdən 10 faizə yüksəlmişdir. Bu, sənaye sahələrində avtomatlaşdırma və optimallaşdırma həllərinin sürətlə yayılması ilə əlaqədardır. Rəqəmsal bacarıqlara sahib işçi qüvvəsinin payının 10 faizdən 25 faizə qədər yüksəlməsi əmək bazarının sürətlə dəyişdiyini göstərir və kadr hazırlığında texnoloji biliklərə üstünlük verilməsi zərurətini təsdiqləyir (Bressgott, D. A. G. D. G. T., 2020: s.24). Sİ əsaslı startapların global bazarda sayının 2 mindən 12 minə qədər artması innovasiya ekosisteminin genişləndiyini və süni intellekt texnologiyalarına yatırılan investisiyaların multiplikativ effekt yaratdığını vurğulayır. Bununla yanaşı, Sİ üzrə konsaltinq bazasının həcmi 3 milyard dollardan 15 milyard dollara qədər yüksəlmişdir ki, bu da müəssisələrin strategiya və qərar qəbul etmədə süni intellekt imkanlarına daha çox diqqət göstərməsindən irəli gəlir. Süni intellekt texnologiyalarının istehsalata təsirindən doğan əmək məhsuldarlığının 5 faizdən 20 faizə qədər artması, Sİ-nin sənaye proseslərinə inteqrasiyasının real nəticələr verdiyini nümayiş etdirir. Sənaye 4.0 tətbiqlərində Sİ-nin xüsusi çəkisinin 8 faizdən 30 faizə qədər yüksəlməsi isə rəqəmsal transformasiyanın daha geniş miqyasda qəbul edildiyini və gələcəkdə istehsalatın əsas hərəkətverici qüvvəsi olacağını göstərir.

Cədvəl 3. 2015-2020-ci illər üzrə Fərqli Sektorlar üzrə Süni İntellektin Tətbiqi: Əsas Göstəricilər

Sektor	2015	2017	2020

Səhiyyə (Sİ texnologiyası tətbiqi payı)	3%	7%	15%
Maliyyə (risk qiymətləndirmədə və analitikada Sİ payı)	10%	20%	35%
Təhsil (online platformalarda Sİ integrasiyası)	2%	5%	12%
İstehsalat (avtomatlaşdırılmış proseslərin payı)	5%	10%	18%
Pərakəndə (çəksiz ödəniş və müştəri analitikası sistemi)	1%	5%	10%
Nəqliyyat (avtonom nəqliyyat vasitələrinin payı)	0.5%	3%	8%

Mənbə: Məmmədov, S. (2021). Rəqəmsal Keçid və Elmi Texnoloji İnkişafın Sürətləndirilməsi Zəruriliyi, Bakı, Ecoprint Nəşriyyatı, ISBN: 978-9952-29-102-3.

Cədvəldən aydın olur ki, 2015-2020-ci illər ərzində bir çox sektorlar üzrə süni intellektin tətbiq dairəsi əhəmiyyətli şəkildə genişlənmişdir. Səhiyyədə Sİ texnologiyalarının tətbiqi 3 faizdən 15 faizə qədər yüksələrək diaqnostika, pasiyent məlumatlarının emalı və tibbi avadanlıqların optimallaşdırılmasında önəmli rol oynamışdır. Maliyyə sektorunda risk qiymətləndirmə və analitik proseslərdə Sİ-dən istifadə 10 faizdən 35 faizə çataraq bank, sığorta və investisiya sahələrində daha dəqiq proqnozların verilməsinə imkan yaratmışdır. Təhsildə onlayn platformalarda süni intellekt alətlərinin 2 faizdən 12 faizə qədər artması, interaktiv öyrənmə metodlarının genişlənməsinə və fərdi yanaşma üsullarının inkişafına şərait yaratmışdır. İstehsalat sektorunda avtomatlaşdırılmış proseslərin payı 5 faizdən 18 faizə qədər yüksələrək fabrik və zavodlarda səmərəliliyin artırılmasına, xərclərin azalmasına gətirib çıxarmışdır (Essoussi, H., 2019:s.56). Pərakəndə sahəsində çəksiz ödəniş sistemləri və müştəri analitikası 1 faizdən 10 faizə qədər artım nümayiş etdirir ki, bu da satış proseslərinin sürətlənməsi və istehlakçı davranışlarının daha dəqiq araşdırılması deməkdir. Nəhayət, nəqliyyat sferasında avtonom nəqliyyat vasitələrinin payı 0.5 faizdən 8 faizə qədər yüksələrək şəhər infrastrukturu və logistika sistemlərində mühüm yeniliklərə zəmin hazırlamışdır. Bu göstəricilər, süni intellektin müxtəlif sahələrdə adaptasiya olunması və texnoloji inkişafa verə biləcəyi mühüm töhfələri əyani şəkildə göstərir.

Cədvəl 4. 2016-2020-ci illər üzrə Biznes və İnnovasiya Sahələrində Süni İntellektin Tətbiqi: Əsas Parametrlər

Parametr	2016	2018	2020
HR proseslərində Sİ tətbiqi (işə qəbul və seçim sistemlərində)	3%	8%	18%
Müştəri xidməti sahəsində chatbot istifadəsi	5%	12%	25%
Rəqəmsal marketinqdə Sİ əsaslı strategiyaların tətbiqi	7%	15%	28%
Anbar logistikası və məhsul çatdırılmasında dron istifadəsi	1%	3%	10%
Təlim və ixtisasartırmada VR/AR texnologiyalarının payı	2%	6%	15%
Sİ əsaslı kiber təhlükəsizlik həlləri (korporativ səviyyədə tətbiq)	10%	18%	30%

Mənbə: Məmmədov, S. (2021). Rəqəmsal Keçid və Elmi Texnoloji İnkişafın Sürətləndirilməsi Zəruriliyi, Bakı, Ecoprint Nəşriyyatı, ISBN: 978-9952-29-102-3.

Cədvəldən göründüyü kimi, 2016-2020-ci illər ərzində biznes mühitində süni intellekt və digər müasir texnologiyaların tətbiqi sürətlə genişlənməmişdir. İşə qəbul və seçim proseslərində Sİ alətlərinin 3 faizdən 18 faizə qədər artması, kadr siyasətində obyektivliyin, sürətin və effektivliyin yüksəldiyini göstərir (Lee, D. H., & Yoon, S. N., 2021:s.18). Müştəri xidmətlərində chatbot sistemlərinin tətbiqi 5 faizdən 25 faizə qədər yüksələrək müştərilərlə qarşılıqlı əlaqənin optimallaşdırılmasında və xərclərin azaldılmasında əhəmiyyətli irəliləyişlərə səbəb olmuşdur. Rəqəmsal marketing sahəsində Sİ əsaslı strategiyaların 7 faizdən 28 faizə qədər artımı, fərdiləşdirilmiş reklam və real vaxt analitikası kimi həllərin üstünlük qazandığını vurğulayır. Anbar logistikası və məhsul çatdırılmasında dron istifadəsi 1 faizdən 10 faizə qədər yüksələrək, xüsusilə elektron ticarət sektorunda çatdırılma proseslərinin sürətlənməsinə və resursların səmərəli istifadəsinə təkan vermişdir. Təlim və ixtisasırtmada VR/AR texnologiyalarının 2 faizdən 15 faizə qədər yüksəlməsi, kadrların bacarıqlarını yeniləmək üçün interaktiv və praktiki həllərdən istifadənin genişləndiyini nümayiş etdirir. Digər tərəfdən, kiber təhlükəsizlik sahəsində korporativ səviyyədə Sİ əsaslı həllərin 10 faizdən 30 faizə qədər artması biznesin rəqəmsal mühitdə təhlükəsizliyinə daha çox yatırım etdiyini göstərir. Bu dəyişikliklər bir yandan rəqabət qabiliyyətinin yüksəldilməsinə, digər yandan isə innovasiya mədəniyyətinin dərinləşməsinə şərait yaradır.

Cədvəl 5. 2014-2020-ci illər üzrə Süni İntellekt və Əmək Bazarında Dəyişən Təmayüllər: Əsas Göstəricilər

Parametr	2014	2016	2018	2020
Rəqəmsal bacarıqlara malik mütəxəssislərin ümumi işçi qüvvəsində payı (faiz)	8%	12%	18%	25%
Yeni Sİ əsaslı peşələrə illik tələbat artımı (faiz)	5%	10%	15%	25%
Klassik peşələrdə Sİ səbəbindən iş yerlərinin azalması (faiz)	1%	3%	6%	12%
Kadrların yenidən ixtisaslaşdırılması göstəricisi (faiz)	2%	6%	10%	20%
Onlayn təlim platformalarından istifadə (təhsil/müəssisə səviyyəsi, faiz)	5%	10%	20%	35%

Mənbə: Məmmədov, S. (2021). Rəqəmsal Keçid və Elmi Texnoloji İnkişafın Sürətləndirilməsi Zəruriliyi, Bakı, Ecoprint Nəşriyyatı, ISBN: 978-9952-29-102-3.

Cədvəldən aydın olur ki, 2014-2020-ci illər ərzində əmək bazarında rəqəmsal bacarıqlara sahib kadrların payı 8 faizdən 25 faizə qədər yüksələrək şirkətlərin texnoloji biliklərə və bacarıqlara daha çox əhəmiyyət verdiyini göstərir. Yeni Sİ əsaslı peşələrə illik tələbatın 5 faizdən 25 faizə qədər artması, bazarda süni intellekt yönümlü biliklərə malik mütəxəssislərin məşğulluq imkanlarının sürətlə genişləndiyini göstərir. Bununla yanaşı, klassik peşələrdə süni intellektin integrasiyası səbəbindən iş yerlərinin azalması 1 faizdən 12 faizə yüksəlmiş, bu da ənənəvi sahələrdə avtomatlaşdırmanın artdığını göstərən mühüm göstəricilərdən biridir (Davenport, T.,

& Kalakota, R.,2019:s.94). Kadrların yenidən ixtisaslaşdırılması göstəricisinin 2 faizdən 20 faizə qədər yüksəlməsi, müəssisələrin, dövlət orqanlarının və işçilərin özlərinin yeni bilik və bacarıqları qazanmaq üçün daha fəal şəkildə hərəkətə keçdiyini vurğulayır. Onlayn təlim platformalarından istifadə səviyyəsinin 5 faizdən 35 faizə qədər artması isə xüsusilə rəqəmsal transformasiya dövründə insanların çevik, rahat və əlçatan təlim üsullarına üstünlük verdiyini bir daha təsdiqləyir. Bu göstəricilər ümumilikdə əmək bazarının yeni reallıqlara uyğunlaşdığını və rəqəmsal savadlılığın gələcək inkişaf üçün vacib faktor olduğunu göstərir.

Cədvəl 6. 2015-2021-ci illər üzrə Süni İntellektin Fərqli Sektorlarda Tətbiqi: Əsas Göstəricilər

Parametr	2015	2017	2019	2021
İstehsalatda Sİ əsaslı robotik həllərin tətbiqi (faiz)	4%	8%	15%	25%
Kiber təhlükəsizlikdə Sİ həllərinin tətbiqi (faiz)	6%	12%	20%	35%
Bulud əsaslı Sİ həllərindən istifadə (faiz)	5%	10%	22%	40%
İşçilərin Sİ əsaslı ixtisasartırma proqramlarına cəlbi (faiz)	3%	7%	12%	28%
VR texnologiyalarından korporativ təlimlərdə istifadə (faiz)	2%	5%	10%	20%
Süni intellektlə idarə olunan marketing analitikası (faiz)	8%	15%	25%	45%

Mənbə: Məmmədov, S. (2021). Rəqəmsal Keçid və Elmi Texnoloji İnkişafın Sürətləndirilməsi Zəruriliyi, Bakı, Ecoprint Nəşriyyatı, ISBN: 978-9952-29-102-3.

Cədvəldən aydın olur ki, 2015-ci ildən 2021-ci ilə qədər süni intellektin müxtəlif tətbiq sahələrində artım dinamikası davamlı şəkildə yüksəlmişdir. İstehsalat sektorunda Sİ əsaslı robotik həllər 4 faizdən 25 faizə qədər artaraq müəssisələrin istehsal proseslərini avtomatlaşdırmaq və optimallaşdırmaq üçün yeni texnologiyalara üstünlük verdiyini göstərir. Kiber təhlükəsizlik sahəsində Sİ texnologiyalarının tətbiqi 6 faizdən 35 faizə çatmış, bu da müəssisələrin artan rəqəmsal təhdidlərə qarşı gücləndirilmiş qoruma ehtiyacını ön plana çəkir. Bulud əsaslı Sİ həllərinin 5 faizdən 40 faizə qədər yüksəlməsi isə infrastruktur xərclərini azaltmaq və məlumatların emalını asanlaşdırmaq üçün bulud platformalarına keçidin geniş vüsət aldığını sübut edir. İşçilərin Sİ əsaslı ixtisasartırma proqramlarına cəlbi 3 faizdən 28 faizə yüksəlməsi, əmək bazarında texnoloji bacarıqların getdikcə daha vacib rol oynadığını və kadrların rəqəmsal biliklərini artırmağa ehtiyac duyulduğunu nümayiş etdirir. VR texnologiyalarının korporativ təlimlərdə istifadəsinin 2 faizdən 20 faizə qədər artması interaktiv və real sınaq mühitləri yaradan virtual reallığın şirkətlərin təlim strategiyalarında mühüm yer tutduğunu göstərir. Süni intellektlə idarə olunan marketing analitikasının 8 faizdən 45 faizə çatması isə rəqəbat üstünlüyü qazanmaq məqsədilə bazar tələblərinin dərinə analizi və şəxsiləşdirilmiş reklam həllərinə tələbatın sürətlə artdığını vurğulayır. Ümumilikdə, bu göstəricilər süni intellekt texnologiyalarının iş proseslərində dərin və çoxşaxəli təsir gücünə malik olduğunu təsdiqləyir (Essoussi, H.,2019:s.7).

Cədvəl 7. 2017-2021-ci illər üzrə Süni İntellekt və Əmək Bazarında Yeni Vakansiyalara Tələbat: Təxmini Göstəricilər

Parametr	2017	2019	2021
Əmək bazarında Sİ əsaslı vakansiyaların payı (ümumi vakansiyalara nisbətdə)	3%	8%	15%
Sİ əsaslı işə qəbul platformalarından istifadə (faiz)	5%	12%	20%
Peşə yönümlü kurslarda Sİ modullarının mövcudluğu (təhsil proqramlarının payı)	4%	10%	18%
Süni intellekt əsasında CV analizi və məzmunun dəyərləndirilməsi (faiz)	2%	7%	15%
İxtisas dəyişimi üçün onlayn platformalarda Sİ əsaslı tövsiyələr (faiz)	3%	9%	16%

Mənbə: Məmmədov, S. (2021). Rəqəmsal Keçid və Elmi Texnoloji İnkişafın Sürətləndirilməsi Zəruriliyi, Bakı, Ecoprint Nəşriyyatı, ISBN: 978-9952-29-102-3.

Cədvəldən göründüyü kimi, 2017-2021-ci illər ərzində süni intellektin əmək bazarındakı payı və tətbiq sahələri mühüm dərəcədə artmışdır. Sİ əsaslı vakansiyaların ümumi vakansiyalara nisbətdə payının 3 faizdən 15 faizə yüksəlməsi göstərir ki, şirkətlər sürətlə dəyişən texnoloji mühitə uyğun kadrlar axtarır və bu sahədə bacarıqlar getdikcə daha çox dəyər qazanır. Sİ əsaslı işə qəbul platformalarından istifadənin 5 faizdən 20 faizə qədər artması, seçim prosesinin obyektivliyini və sürətini yüksəldən alqoritm əsaslı həllərin geniş şəkildə benimsəndiyini sübut edir. Peşə yönümlü kurslarda Sİ modullarının payının 4 faizdən 18 faizə qədər artması, təhsil proqramlarında texnoloji biliklərin daha önəmli hala gəldiyini və rəqəmsal bacarıqların inkişafına artan tələbatı göstərir. Süni intellekt vasitəsilə CV analizinin 2 faizdən 15 faizə qədər yüksəlməsi, işəgötürənlərin namizədlərin təcrübə və bacarıqlarını daha dərinlən və dəqiq qiymətləndirmək üçün analitik yanaşmaya üstünlük verdiyini göstərir. İxtisas dəyişimi üçün onlayn platformalarda Sİ əsaslı tövsiyələrin 3 faizdən 16 faizə qədər artması isə karyera marşrutunu müəyyənləşdirmə prosesinin asanlaşdığını və fərdi profillərə uyğunlaşdırılmış tövsiyələrin mühüm rol oynadığını vurğulayır (Fagnant, D. J., & Kockelman, K. M., 2015:s.167). Beləliklə, əmək bazarının bu illər ərzində süni intellekt yönümlü həlledici dəyişikliklərə məruz qaldığı aydın şəkildə sezilir.

Cədvəldəki rəqəmlər göstərir ki, 2021-ci ildən etibarən rəqəmsal transformasiya prosesləri durmadan intensivləşəcək. Müəssisələr arasında bu meyil 35 faizdən 85 faizə qədər yüksələrək texnoloji yeniliklərin biznes modellərində əsas rol oynadığını vurğulayır. Yeni peşələrə olan tələbatda 15 faizdən 35 faizə qədər artım gözlənilir ki, bu da süni intellekt və data analitikası kimi sahələr üzrə ixtisaslı kadrların yetişdirilməsinə ehtiyacı artırır. Süni intellekt üzrə ixtisaslaşma proqramlarının sayının 1,500-dən 5,000-ə yüksəlməsi, təhsil sistemində və peşə hazırlığında texnoloji biliklərin xüsusi yer tutacağını göstərir. İşçilərin avtomatlaşdırma prosesində iştirakı 10 faizdən 40 faizə qədər artacaq ki, bu da əməkdaşların ənənəvi iş vərdislərindən rəqəmsal

bacarıqlara uyğunlaşmalarını tələb edir. Bulud əsaslı Sİ platformalarından istifadənin 20 faizdən 70 faizə qədər yüksəlməsi, şirkətlərin həm effektivlik, həm də xərclərə qənaət məqsədilə uzaqdan işləmə imkanlarına və çevik infrastruktur həllərinə üstünlük verdiklərini bir daha təsdiqləyir. Korporativ səviyyədə Sİ əsaslı məsləhət xidmətlərinə tələbatın 12 faizdən 40 faizə qədər artması isə daha çox şirkətin kompleks rəqəmsal strategiyalar hazırlamağa və icra etməyə başladığını göstərir. Beləliklə, yaxın onillikdə süni intellekt və rəqəmsal texnologiyalar, əmək bazarında yeni standartlar müəyyənləşdirməklə bərabər, sosial-iqtisadi inkişafın mühüm təkanverici qüvvəsinə çevriləcək (Lee, D. H., & Yoon, S. N., 2021:s.18).

Bəşəriyyət yeni bir mərhələnin astanasındadır. Ağıllı sistemlər sürətlə yayılaraq elmi yanaşmaları ön plana çıxarır və bu da əmək münasibətlərində fərqli tələblərin meydana gəlməsinə gətirib çıxarır. Data elminin genişlənməsi, analitik düşüncəyə malik kadrlara olan marağı artırır. Müasir istehsalat modellərində robot texnikası xərcləri optimallaşdırır, inzibati yükü yüngülləşdirir və zamanı qənaətcil şəkildə bölüşdürməyə şərait yaradır. Bununla yanaşı, biznes sferasında fərdiləşdirilmiş reklam hədəfləri, kiber təhlükəsizliyin gücləndirilməsi və interaktiv təlim istiqamətləri əhəmiyyətli rola malikdir. Menecerlər, davamlı öyrənmə şəraitinin yaradılması və işçi heyətinin çevikliyini dəstəkləyən alətlərdən istifadə edərək gələcək çağırışlara hazırlıqlı olmağa çalışırlar. Belə bir dinamik şərait, mövcud karyera yollarını yenidən dəyərləndirməyə və əmək bazarında tamamilə fərqli ixtisasların üzə çıxmasına rəvac verir. Genişlənən alqoritm əsaslı sistemlər iş proseslərinə nüfuz etdikcə, yenilikçi yanaşmalar formalaşır. Virtual reallıq texnologiyalarının təcrübə əsaslı öyrənmə modellərinə inteqrasiyası peşəkarların nəzəri bilikləri praktik üsullarla mənimsəməsinə töhfə verir. Xüsusilə səhiyyə, məhkəmə və maarifləndirmə kimi sahələrdə rəqəmsal həllərin istifadəsi, qərar vermə proseslərini dəqiqləşdirir və vaxt itkisinin qarşısını alır. Tətbiqlərin avtomatlaşdırma xüsusiyyətləri insan kapitalına daha çevik və yaradıcı sahələrdə çalışma imkanı verir. Mövcud resurslardan səmərəli istifadə, fərdi təşəbbüslərin dəstəklənməsinə, yeni kəşflərin reallaşmasına şərait yaradır. Həm də təşkilatlar, sürətlə dəyişən bazarda rəqabətə davamlı qalmaq üçün müasirləşməyə və kadrların potensialını dəyərləndirməyə məcburdurlar. İnnovasiya yönümlü kapital qoyuluşları, həm iqtisadi, həm də sosial tərəqqini təmin edir və cəmiyyətdə yeni intellektual meyilləri formalaşdırır. Belə ab-hava, ənənəvi bilik sahələrinin çevikliyini artıraraq onlara təkan verir və eyni zamanda, tam fərqli peşə ixtisaslarının yaranmasına zəmin yaradır. Bu prosesdə tənzimləyici orqanlar da şəffaf və adekvat qanunvericilik bazasının qurulmasına təşviq olunurlar ki, irəliləyiş təkcə texnoloji deyil, həm də etik dəyərlərə söykənsin (Məmmədov, S., 2021:s.11). Nəticədə, əmək bazarının gələcək mənzərəsi çoxşaxəli bacarıqlara tələbatla yanaşı, davamlı öyrənmə vərdişlərini də ön plana çıxarır.

NƏTİCƏ

Əldə edilən nəticələr göstərir ki, süni intellektin geniş tətbiqi əmək bazarını kəmiyyət və keyfiyyət baxımından yenidən formalaşdırır. Rutinin avtomatlaşdırılması sayəsində vakansiyalar daha çox analitik və yaradıcılıq yönümlü sahələrə doğru yönəlir, bu da insan potensialının daha məhsuldar istifadə olunmasına

gətirib çıxarır. Gələcəkdə peşə tələbləri data ekosistemində səmərəli şəkildə fəaliyyət göstərməyi, müxtəlif texnologiyalarla integrasiyanı və daimi öyrənməni zəruri edəcək. Paralel olaraq, müəssisələrin uğurlu adaptasiyası üçün çevik kadr siyasəti və müasir təhsil modellərinə investisiya önəm daşıyır. Bu yanaşma həm işçilərin, həm də ümumilikdə cəmiyyətin rəqəmsal inkişafa uyğunlaşmasına imkan verir, sosial-iqtisadi rifahə isə dayanıqlı əsas yaradır. Sosial-iqtisadi perspektivdən yanaşdıqda, süni intellekt həm rəqabət üstünlüyü yaradır, həm də ixtisaslı kadr hazırlığına xüsusi diqqət tələb edir. Avtomatlaşdırma sayəsində əllə yerinə yetirilən işlərin yükü azalır, bu isə daha çox strateji düşüncə və yaradıcı yanaşma tələb edən peşələrin inkişafına şərait yaradır. İnsan faktoru texniki proseslərə empatiya, etika və mədəni baxış bucağı gətirərək texnologiyanın saf riyazi çərçivəsini genişləndirir. Bu amillər əmək bazarının yeni reallıqları ilə üzləşən qurumları adaptasiya prosesində daha çevik və kompleks yanaşmaya sövq edir. Eyni zamanda, müəssisələr rəqəmsal ekosistemdə rəqabətdə davamlı qalmaq üçün yüksək ixtisaslı kadrların davamlı peşəkar inkişafına şərait yaratmalı, dövlət qurumları isə bazar tələblərinə cavab verən təhsil modellərini təşviq etməlidirlər. Belə bir yanaşma iqtisadi sabitliyi gücləndirməklə yanaşı, humanitar dəyərləri qorumağa və sosial bərabərliyi möhkəmləndirməyə də xidmət edir. Nəticədə, süni intellektin formalaşdırdığı gələcək əmək bazarı, texnoloji yeniliyi insan potensialı ilə uzlaşdırmaqla daha dayanıqlı və inklüziv cəmiyyətin qurulmasına təkan verir.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Məmmədov, S. (2021). Rəqəmsal Keçid və Elmi Texnoloji İnkişafın Sürətləndirilməsi Zəruriliyi, Bakı, Ecoprint Nəşriyyatı, ISBN: 978-9952-29-102-3.
2. Lee, D. H., & Yoon, S. N. (2021). Application of AI-based technologies in the healthcare sector: Opportunities and challenges. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010271>
3. Sunarti, S., Rahman, F., Naufal, M., Risky, M., Febriyanto, K., Masnina, R., & Sanitaria, G. (2021). Artificial intelligence in healthcare: Potential and danger for the future. *Gaceta Sanitaria*, 35, 67-70. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.12.019>
4. Davenport, T., & Kalakota, R. (2019). The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthcare Journal*, 6(2), 94–98. <https://doi.org/10.7861/futurehosp.6-2-94>
5. Anderson, S. J., Chintagunta, P., Germann, F., & Vilcassim, N. (2021). Do marketers matter for entrepreneurs? Evidence from a field experiment in Uganda. *Journal of Marketing*, 85(3), 78–96. <https://doi.org/10.1177/0022242921993176>
6. Bressgott, D. A. G. D. G. T. (2020). How artificial intelligence will change the future of marketing. *Enhanced Reader*, 24–42.

7. Secinaro, S., Calandra, D., Secinaro, A., Muthurangu, V., & Biancone, P. (2021). The role of artificial intelligence in healthcare: A structured literature review. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01488-9>
8. Tai, M. C. T. (2020). The impact of artificial intelligence on human society and bioethics. *Tzu Chi Medical Journal*, 32(4), 339–343. https://doi.org/10.4103/tcmj.tcmj_71_20
9. Essoussi, H. (2019). Implications of artificial intelligence on quality of life: A prospective study of the advanced technological reality and the vague human future. *International Journal of Innovative Research in Engineering*, 3(1), 1–7. <https://doi.org/10.5923/j.ijire.20190301.01>
10. Goodall, N. J. (2014). Machine ethics and automated vehicles. In *Road Vehicle Automation* (pp. 93-102). Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.
11. Fagnant, D. J., & Kockelman, K. M. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers, and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 167-181.
12. Shladover, S. E. (2018). Connected and automated vehicle systems: Introduction and overview. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 22(3), 1-18.
13. Gerst, M., & Manz, J. (2020). Artificial intelligence and transportation systems: The case for autonomous vehicles. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 9(3), 193-206.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В НОВЫХ ПРОФЕССИЯХ И БУДУЩЕЕ РАЗВИТИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РЫНОК ТРУДА

РЕЗЮМЕ

Стремительное развитие искусственного интеллекта обеспечивает более эффективное использование человеческих ресурсов за счет автоматизации рабочих процессов во многих сферах. Когда рутинные задачи в сфере производства и обслуживания передаются технологиям искусственного интеллекта, больше творческих функций и функций принятия решений направляется на человеческие ресурсы. Это создает необходимость формирования новых требований на рынке труда и подготовки кадров с соответствующими знаниями и навыками. Применение искусственного интеллекта на предприятиях не только достаточно для повышения производительности, но и готовит почву для создания инновационных направлений. В результате растет спрос на новые профессии, такие как аналитик данных, инженер машинного обучения, проектировщик автономных систем. Одним из важнейших направлений в этом процессе является непрерывное обучение и повышение квалификации. Сотрудники должны постоянно учиться осваивать технологии и приобретать новые цифровые навыки, а компании должны формулировать кадровую политику в соответствии с меняющимся рынком труда. Хотя распространение ИИ в будущем снизит важность некоторых рутинных профессий, это потребует

сосредоточения внимания на них. работы, требующие более сложного мышления и творческого подхода. В пространстве сотрудничества человека и технологий моделируется взаимная выгода: люди выделяются своими уникальными социальными и эмоциональными навыками и суждениями, а искусственный интеллект — высокоскоростной обработкой данных. Кроме того, возникает потребность в специалистах по этической и нормативной базе ИИ, что приводит к формированию новых профессиональных направлений. В целом применение искусственного интеллекта в новых профессиях приводит к положительным изменениям на рынке труда, но это не так. также требует правильной подготовки и стратегического управления. Гибкая адаптация к меняющимся реалиям и создание культуры непрерывного образования и инноваций позволят нам в полной мере воспользоваться преимуществами технологической революции.

Ключевые слова: автоматизация, искусственный интеллект, креативность, инновации, этические рамки, регулирование.

ABSTRACT

The rapid development of artificial intelligence automates work processes in many areas and ensures more efficient use of human resources. When the performance of routine tasks in the production and service sectors is entrusted to AI technologies, human resources are given more creative and decision-making functions. This creates a need for the formation of new requirements in the labor market and the preparation of personnel with appropriate knowledge and skills. Artificial intelligence applications for enterprises not only increase productivity, but also pave the way for the emergence of innovative directions. As a result, the demand for new professions such as data analysts, machine learning engineers, and autonomous systems designers is increasing. One of the most important directions in this process is continuous training and advanced training. Employees need to continuously learn to master technologies and acquire new digital skills, and companies need to formulate HR policies that are in line with the changing labor market. Although the spread of AI will reduce the importance of some routine professions in the future, it will require a shift to jobs that require more complex thinking and creativity. Mutual benefit is modeled in the space of human-technology cooperation: people stand out with their unique social and emotional skills, judgment, and artificial intelligence with high-speed information processing. In addition, there is a need for specialists in the ethical and regulatory frameworks of AI, which leads to the formation of new professional directions. In general, the application of artificial intelligence in new professions leads to positive changes in the labor market, but at the same time it requires proper preparation and strategic management. Flexible adaptation to changing realities and the creation of a culture of continuous education and innovation will allow us to fully benefit from the advantages of the technological revolution.

Keywords: automation, artificial intelligence, creativity, innovation, ethical frameworks, regulation.

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND REMOTE SENSING TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL MONITORING

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17203966>

Aliisa ALİZADA

aliisa.alizade@gmail.com

ORCID ID 0009-0004-4532-3935

Azerbaijan State Oil and Industry University

ABSTRACT

Sustainable environmental monitoring is of critical importance for solving global ecological problems and effective resource management. Although Remote Sensing (RS) technologies provide powerful tools for collecting information over large areas, processing and interpreting the large volumes of data obtained poses challenges. The integration of Artificial Intelligence (AI) methods, especially machine learning and deep learning algorithms, with GIS data has the potential to significantly increase the accuracy, efficiency, and automation of monitoring. This thesis discusses the theoretical and practical aspects of integrating AI and GIS technologies for sustainable environmental monitoring. The potential of this integration is explored in the context of using AI algorithms (e.g., U-Net, Random Forest) in conjunction with satellite data to solve various environmental problems such as land cover classification, forest monitoring, and water resource status assessment. It is emphasized that such integration allows for more accurate and operational assessment of the state of the environment, monitoring of changes, and making sustainable management decisions.

Scientific Direction: *Geographic Information Systems, Remote Sensing, Artificial Intelligence, Environmental Monitoring, Sustainable Development*

Introduction

Sustainable development requires a deep understanding of the state of the environment and the efficient management of natural resources. Environmental monitoring is a key tool for assessing environmental changes, identifying threats and developing strategies to reduce their impact [19, 13]. Traditional ground-based monitoring methods are often limited in terms of spatial coverage, time frequency and high costs, which makes it difficult to obtain a comprehensive and operational picture of the state of the environment on a large scale [17].

Remote Sensing (RS) technologies have revolutionized environmental monitoring, providing regular collection of data about the Earth's surface with different spatial and temporal resolutions [9]. Satellite systems such as Sentinel (ESA) and Landsat (USGS) generate large volumes of multispectral, radar and thermal data containing valuable information about land cover, water resources, vegetation, atmosphere and other components of the environment [14]. However, extracting useful information from these data sets requires complex processing and analysis methods.

Artificial Intelligence (AI), especially machine learning (ML) and deep learning (DL)

methods, offer powerful tools for automating and improving the accuracy of environmental data analysis [7, 8]. AI algorithms are capable of detecting complex nonlinear relationships in data, and performing tasks such as classification, segmentation, regression, and change detection with high efficiency [15]. The integration of AI and ML opens up new possibilities for creating more accurate, operational, and cost-effective sustainable environmental monitoring systems.

Purpose of the work

The purpose of this thesis is to discuss the theoretical foundations and practical application possibilities of the integration of AI and RS technologies in various areas of sustainable environmental monitoring.

Structure of the thesis: The thesis consists of 5 sections.

- 1) The first section presents the relevance of the problem, a literature review on the integration of AI and RS, and the purpose of the work.
- 2) The second section describes the general formulation of the integration issue for sustainable monitoring.
- 3) The third section explains the proposed general integration method, the algorithms used, and the results that can be obtained in potential application areas.
- 4) The fourth section discusses the advantages and challenges of integration. The fifth section presents a list of used literature.

Problem statement

The purpose of the work: To develop a general methodological framework that effectively integrates AI and RS technologies to assess the state of various components of the environment (e.g., water resources, soil cover, vegetation, air quality indicators) and to monitor dynamic changes. This framework addresses the following common monitoring issues:

Environmental Feature/Condition Classification: Assign pixels or features in satellite imagery to predefined environmental classes (e.g., land cover types, forest health status, water quality categories, air pollution levels).

Environmental Change Detection: Automatically identify significant environmental changes (e.g., deforestation, urbanization, desertification, coastline changes, glacier melting) by comparing satellite imagery taken at different times.

Environmental Parameter Quantification: Estimate the spatial distribution of various environmental parameters (e.g., biomass, soil moisture, air pollutant concentrations, water surface temperature) based on satellite data.

Data required for the solution:

- 1) Satellite data: Optical, radar, thermal and atmospheric data obtained from various sensors (e.g. Sentinel-1/2/3/5P, Landsat 8/9, MODIS, VIIRS). Appropriate time interval depending on the research objective.
- 2) Reference data: Ground-based measurement data for training and validation of classification, change detection and regression models, laboratory analyses, reference maps prepared based on high-resolution images, existing inventory data.
- 3) Additional data: Digital Elevation Model (DEM), climate data, soil maps, population

density data, etc.

Indicators that need to be determined:

- 1) Classification maps of environmental objects/conditions.
 - 2) Change maps.
-
1. Spatial distribution maps of environmental parameters.
 2. Accuracy metrics of models (Overall Accuracy, Kappa, Precision, Recall, F1-Score, RMSE, R^2 , Error Matrix).
 3. Solution Method
 4. The proposed general integration method includes the following stages that can be adapted for most environmental monitoring problems:
 5. Data Collection and Pre-Processing: Selection and acquisition of satellite data suitable for the monitoring purpose. Implementation of standard pre-processing steps such as atmospheric correction, radiometric calibration, orthorectification, cloud/shadow masking, SAR data processing.
 6. Feature Extraction and Selection: Calculation of features (spectral channels, various indices, texture features, radar signals, height data, etc.) that are informative for the research problem. Application of feature selection methods to reduce the size of the feature space and improve the performance of the model [10, 20, 11, 4].
 7. Application of AI Models:
 8. Classification/Segmentation: Depending on the nature of the problem (pixel-based, object-based) and the amount of data, classical ML or ML algorithms such as Random Forest [2], Support Vector Machines (SVM), Gradient Boosting Machines (GBM), U-Net [16], FCN, SegNet are applied.
 9. Regression (Parameter Estimation): Models such as RF Regression, SVM Regression (SVR), Neural Networks are used to predict quantitative parameters.
 10. Change Detection: Recurrent networks such as RNN, LSTM or special change detection ML architectures can be applied for image difference analysis, post-classification comparison or time series analysis.
 11. Model Training and Validation: Models are trained on reference data. Techniques such as regularization and cross-validation are used to prevent overfitting of models. Performance is comprehensively evaluated with appropriate accuracy metrics on independent test data.

Conclusion

This research work presents a generalized methodological approach based on the integration of Artificial Intelligence and Remote Sensing technologies for sustainable environmental monitoring. The main results are as follows:

The integration of AI and RS allows for high-precision classification and mapping of various environmental objects and states (land cover, water resources, vegetation, etc.) [14, 6, 1].

This approach has the potential to effectively detect and monitor dynamic changes in the environment (e.g., urbanization, deforestation).

The integration not only ensures spatial (large area) and temporal (regular satellite passes)

coverage of monitoring, but also increases efficiency by automating the analysis processes.

Comparative analysis: Compared to traditional monitoring methods, the proposed AI-RS integration enables more objective, fast, large-scale, and potentially less costly monitoring [9]. Compared to approaches based solely on satellite indices or classical image processing methods, SI algorithms allow for more accurate and reliable results by taking into account spatial context, multiple features, and nonlinear relationships [15, 1]. The main limitations of the method are the need for high-quality and large-scale reference data, the computational resources required to train the models, and the interpretation difficulties of some "black box" models.

Overall, the integration of Artificial Intelligence and Remote Sensing technologies is a promising direction that significantly contributes to a better understanding of the state of the environment, the prediction of changes, and the adoption of sustainable management decisions. This approach has wide application potential in numerous areas such as natural resource management, ecological risk assessment, urban planning, agriculture, and environmental protection.

REFERENCES

1. Belgiu, M., & Drăguț, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114, 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.01.011>
2. Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
3. Feyzullayev, A. A., Kangarli, T. V., & Akhundov, R. V. (2021). Tectonics and hydrocarbon systems of the South Caspian Basin: An overview. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 205, 108870. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.108870>
4. Gitelson, A. A., Dall’Olmo, G., Moses, W., Rundquist, D. C., Barrow, T., Fisher, T. R., Gurlin, D., & Holz, J. (2008). A simple semi-analytical model for remote estimation of chlorophyll-a in turbid waters: Validation algorithm development. *Remote Sensing of Environment*, 112(9), 3582–3593. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.04.015>
5. Gons, H. J., Rijkeboer, M., & Ruddick, K. G. (2005). Effect of a wave-induced increase of the submarine light attenuation coefficient on the average photic depth in relation to water transparency. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 110(C12). <https://doi.org/10.1029/2004JC002504>
6. Isikdogan, F., Bovolo, F., & Bruzzone, L. (2017). A novel framework based on a cascaded CNN architecture for water body extraction from VHR multispectral images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55(3), 1734–1746. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2016.2631908>
7. Lary, D. J., Alavi, A. H., Gandomi, A. H., & Walker, A. L. (2016). Machine learning in geosciences and remote sensing. *Geoscience Frontiers*, 7(1), 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2015.07.003>

8. Ma, L., Li, M., Ma, X., Cheng, L., Du, P., & Liu, Y. (2019). A review of deep learning in remote sensing application. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 152, 166–177. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.04.015>
9. McCabe, M. F., Rodell, M., Alsdorf, D. E., Miralles, D. G., Uijlenhoet, R., Wagner, W., ... & Wood, E. F. (2017). The future of Earth observation in hydrology. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(7), 3879–3914. <https://doi.org/10.5194/hess-21-3879-2017>
10. McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
11. Nechad, B., Ruddick, K. G., & Park, Y. (2010). Calibration and validation of a generic multisensor algorithm for mapping of total suspended matter in turbid waters. *Remote Sensing of Environment*, 114(4), 854–866. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.11.022>
12. Pahlevan, N., Mangin, A., Balasubramanian, S. V., Smith, B., Alikas, K., Arai, K., ... & Gurlin, D. (2021). ACIX-Aqua: A global assessment of atmospheric correction algorithms for aquatic applications of Sentinel-2 and Landsat-8 imagery. *Remote Sensing of Environment*, 258, 112366. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112366>
13. Palmer, M. A., Reidy Liermann, C. A., Nilsson, C., Flörke, M., Alcamo, J., Lake, P. S., & Bond, N. (2008). Climate change and the world's river basins: anticipating management options. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(2), 81–89. <https://doi.org/10.1890/060148>
14. Pekel, J.-F., Cottam, A., Gorelick, N., & Belward, A. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540(7633), 418–422. <https://doi.org/10.1038/nature20584>
15. Reichstein, M., Camps-Valls, G., Stevens, B., Jung, M., Denzler, J., Carvalhais, N., & Prabhat. (2019). Deep learning and process understanding for data-driven Earth system science. *Nature*, 566(7743), 195–204. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-0912-1>
16. Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. In N. Navab, J. Hornegger, W. M. Wells, & A. F. Frangi (Eds.), *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015* (Vol. 9351, pp. 234–241). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28
17. Strobl, C., Malley, J., & Tutz, G. (2008). An introduction to recursive partitioning: rationale, application, and characteristics of classification and regression trees, bagging, and random forests. *Psychological Methods*, 14(4), 323–348. <https://doi.org/10.1037/a0016973>
18. Tourian, M. J., Reager, J. T., & Sneeuw, N. (2016). The total drainage basin discharge of the Aral Sea: A new estimate from satellite observations. *Water Resources Research*, 52(8), 6226–6240. <https://doi.org/10.1002/2016WR018879>
19. Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., ... & Davies, P. M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467(7315), 555–561. <https://doi.org/10.1038/nature09440>
20. Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025–3033. <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>

XÜLASƏ

Elisa Əlizadə

DAVAMLI ƏTRAF MÜHİTİN MONİTORİNQİ ÜÇÜN SÜNİ İNTELLEKT VƏ PEYK DATASININ İNTEQRASIYASI

Davamlı ətraf mühitin monitorinqi global ekoloji problemlərin həlli və resursların səmərəli idarə edilməsi üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Uzaqdan Zondlama (RS) texnologiyaları böyük ərazilərdə məlumat toplamaq üçün güclü alətlər təqdim etsə də, əldə edilmiş böyük həcmli məlumatların işlənməsi və şərh edilməsi problemlər yaradır. Süni intellekt (AI) metodlarının, xüsusən də maşın öyrənməsi və dərin öyrənmə alqoritmlərinin CİS məlumatları ilə integrasiyası monitorinqin dəqiqliyini, səmərəliliyini və avtomatlaşdırılmasını əhəmiyyətli dərəcədə artırmaq potensialına malikdir. Bu tezis davamlı ekoloji monitorinq üçün AI və GIS texnologiyalarının integrasiyasının nəzəri və praktiki aspektlərini müzakirə edir. Bu integrasiyanın potensialı süni intellekt alqoritmlərindən (məsələn, U-Net, Random Forest) peyk məlumatları ilə birlikdə torpaq örtüyünün təsnifatı, meşə monitorinqi və su ehtiyatlarının vəziyyətinin qiymətləndirilməsi kimi müxtəlif ekoloji problemləri həll etmək üçün istifadə kontekstində araşdırılır. Vurğulanır ki, belə integrasiya ətraf mühitin vəziyyətini daha dəqiq və operativ qiymətləndirməyə, dəyişiklikləri izləməyə, davamlı idarəetmə qərarları qəbul etməyə imkan verir.

Elmi istiqamət: Coğrafi İnformasiya Sistemləri, Peyk data, Süni İntellekt, Ətraf Mühitin Monitorinqi, Davamlı İnkişaf

АННОТАЦИЯ

Элиза Ализаде

"ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА"

Устойчивый мониторинг окружающей среды имеет решающее значение для решения глобальных экологических проблем и эффективного управления ресурсами. Хотя технологии дистанционного зондирования (ДЗ) предоставляют мощные инструменты для сбора информации на больших территориях, обработка и интерпретация больших объемов полученных данных создает проблемы. Интеграция методов искусственного интеллекта (ИИ), особенно алгоритмов машинного обучения и глубокого обучения, с данными ГИС имеет потенциал для значительного повышения точности, эффективности и автоматизации мониторинга. В данной диссертации обсуждаются теоретические и практические аспекты интеграции технологий ИИ и ГИС для устойчивого мониторинга окружающей среды. Потенциал этой интеграции исследуется в контексте использования алгоритмов ИИ (например, U-Net, Random Forest) в сочетании со спутниковыми данными для решения различных экологических задач, таких как классификация земельного покрова, мониторинг лесов и оценка состояния водных ресурсов. Подчеркивается, что такая интеграция позволяет более точно и оперативно оценивать состояние окружающей среды, отслеживать изменения и принимать устойчивые управленческие решения.

Научное направление: Геоинформационные системы, Дистанционное зондирование, Искусственный интеллект, Мониторинг окружающей среды, Устойчивое развитие

RƏQƏMSAL MARKETINGDƏ SÜNİ İNTELLEKT ALƏTLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17203973>

Arzu CAVID

arzu.cavid@yahoo.com

Azərbaycan Texnologiya Universiteti, Gəncə şəhəri, Azərbaycan

XÜLASƏ

Böyük verilənlərin analitikasında və süni intellektə irəliləyişlər marketing təcrübələrini və istehlakçı davranışını əhəmiyyətli dərəcədə dəyişdirdi. Süni intellekt marketing təcrübəsi və tədqiqat üçün perspektivli imkanlar təklif edir. Bununla belə, marketoloqlar süni intellekt və onun istehlakçılara təsirini hərtərəfli başa düşməlidirlər. Məqalədə rəqəmsal marketing fəaliyyətində süni intellekt alətlərindən istifadə imkanları araşdırılır. Marketingdə süni intellekt şirkətlərin məhsuldarlığını artırma biləcək yeni ideya və kommersiya perspektivi kimi yer alır. Süni intellekt istehlakçı davranışını öyrənmək, müştəri seçimlərini müəyyən etmək və hədəf auditoriyanın profilini yaratmaq üçün istifadəçi məlumatlarını təhlil etmək qabiliyyətinə malikdir. Marketing mütəxəssisləri toplanmış məlumatların köməyi ilə effektiv və sərfəli strategiyalar təqdim edə biləcəklər. Süni intellekt alətlərindən istifadə müştərilərin ehtiyaclarını fərdiləşdirməyə və biznesdə yüksək keyfiyyətli kontingent yaratmağa imkan verəcək. Müştəri məlumatlarının təhlili bazar tendensiyalarının qurulmasına kömək edir və davranış tövsiyələrinin keyfiyyətini artırır. Bu tədqiqatın məqsədi şirkətlərin əsas fəaliyyət göstəricilərinin effektivliyini artırmaq üçün şirkətlərin marketing fəaliyyətlərində süni intellekt alətlərinin tətbiqi, süni intellekt alətlərindən istifadənin müsbət və mənfi tərəflərinin araşdırılmasıdır.

Açar sözlər: *rəqəmsal marketing, süni intellekt, süni intellekt alətləri, texnologiya, avtomatlaşdırma.*

Qabaqcıl rəqəmsal texnologiyalar arasında Böyük Məlumat Analitikası, Blockchain, Artırılmış Reallıq və Süni İntellekt getdikcə çoxmillətli şirkətlərin biznes tərzini dəyişir. Bu dəyişikliklərin ən mühümlərindən biri də marketingdə süni intellekt texnologiyasından istifadənin artmasıdır. Süni intellekt texnologiyasının tətbiqi səhiyyədən tutmuş avtomobil istehsalına qədər demək olar ki, bütün sənaye sahələrində rəğbət qazanır. Rəqəmsal sensorlar, şəbəkələr və proqrama əsaslanan avtomatlaşdırmanın yayılması ilə birlikdə süni intellekt iqtisadiyyatımızı dəyişdirir və sənayeləşmənin yeni dövrünü müəyyənləşdirir. Bu gün marketing mütəxəssisləri süni intellekt texnologiyalarından istifadə edərək müştərilərə daha çox diqqət yetirmək və onların ehtiyaclarına anında cavab vermək imkanı əldə edirlər. Alqoritmlər tərəfindən toplanan və yaradılan məlumatlar sayəsində marketoloqlar hansı məzmunun müştərilərə yönəldilməsini və hansı kanalın nə vaxt istifadə edilməsini tez bir zamanda müəyyən edə bilirlər. Süni intellektin təqdim etdiyi fərdi təcrübələr istifadəçilərin özlərini daha rahat hiss etmələrini təmin edir və təklif olunan məhsulları almaq meylini artırır. Bu kontekstdə, süni intellekt istehlakçı davranışı haqqında mühüm anlayışlar təmin etməklə müştəri cəlb etmək və saxlamaq proseslərində mühüm rol oynayır. O, proqrama əsaslanan alqoritmlər vasitəsilə biznes proseslərini avtomatlaşdırma, tarixi məlumatlardan

anlayışlar əldə edə, istehlakçı və bazar anlayışları yarada bilər. Məlumat emal qabiliyyəti və öyrənmə qabiliyyəti ilə o, məlumat analitikası, proqnozlaşdırıcı təhlil və avtomatlaşdırılmış qərar qəbulu kimi sahələrdə məlum sərhədləri aşan marketing mütəxəssislərinə innovativ və effektiv həllər təklif edir. Başqa sözlə desək, süni intellekt marketing dinamikasını böyük ölçüdə dəyişdirərək marketingdə performansını yüksəltməyə kömək edir.

Rəqəmsal marketingdə süni intellekt müştərilərin fikirlərini əldə etmək və marketing tapşırıqlarını və qərarlarını avtomatlaşdırmaq üçün məlumatların toplanması, təbii dilin emalı, maşın öyrənməsi və məlumatların təhlili kimi müxtəlif süni intellekt imkanlarından istifadə edir. Süni intellekt tərəfindən təklif olunan bu imkanlar onun müştərilərin ehtiyaclarına, davranışlarına və seçimlərinə dinamik və fərdiləşdirilmiş cavablar vermək qabiliyyətinə əsaslanır. Bu, veb-saytlardakı qarşılıqlı əlaqədən tutmuş reklamlara kliklərə və hətta brend mesajlarda görülmə tədbirlərə qədər hər şey üzrə müştərilərə daha uyğun və effektiv məzmun təqdim etməyə imkan verir.

Süni intellekt innovativ ideyalar təqdim etməklə, performansını optimallaşdıraraq və üstün nəticələr əldə etməklə rəqəmsal marketingi yenidən formalaşdırır. Rəqəmsal marketingdə süni intellekt istehlakçı təcrübələrini yaxşılaşdırmaq və strategiyaları optimallaşdırmaq üçün qabaqcıl texnologiyadan istifadə edir.

Marketoloqlara gündəlik işlərində kömək edə biləcək bir çox süni intellekt rəqəmsal marketing alətləri var. Bu alətlər marketoloqlara öz işlərini daha səmərəli və effektiv şəkildə yerinə yetirməyə imkan verməklə rəqəmsal marketing strategiyalarını təkmilləşdirməyə, həmçinin məzmunun yaradılmasından avtomatlaşdırmaya, SEO dizaynına kimi geniş funksiyalarda kömək edir. Süni intellekt vasitələrindən daha çox məzmun və vizual yaradılması, SEO (Axtarış Motorunun Optimizasiyası), müştəri segmentasiyası müştəri xidməti və dəstəyi, data analitikası və E-poçt marketingi məqsədləri üçün istifadə edirlər. Hazırda daha geniş istifadə olunan və təsirli süni intellekt alətlərindən bəziləri bunlardır:

Məzmun və vizual yaradılması:

Marketoloqlar bir çox məqsəd və kanallar üçün tez və effektiv məzmun yaratmaq problemi ilə tez-tez üzləşirlər. Bu prosesdə ChatGPT və Jasper kimi süni intellekt proqramları böyük rahatlıq təmin edir. Bu alətlər e-poçt mövzularından tutmuş reklam nüsxəsinə, açılış səhifələrindən blog məzmununa qədər geniş çeşiddə məzmun yaratmağa kömək edir. Marketing qruplarının tez-tez müraciət etdiyi bəzi məzmun və vizual yaratma vasitələri aşağıdakılardır:

ChatGPT: Suallara cavab vermək, təkliflər vermək və mətni redaktə etmək, həmçinin təbii dil emal imkanları ilə mətn əsaslı məzmun yaratmaq kimi funksiyalar üçün istifadə olunur. Pulsuz versiyası ilə marketoloqlar tərəfindən ən çox seçilən süni intellekt alətlərindən biridir.

Jasper: Yaradıcı məzmunun yaradılmasında güclü köməkçidir və xüsusilə blog yazıları, reklam surəti və sosial media yazıları üçün faydalıdır.

Canva: İstifadəçi dostu interfeysi ilə vizual məzmun yaratmağı asanlaşdırır. Sosial media qrafikası, təqdimatlar və digər marketing materialları üçün idealdır. Sərfəli qiyməti və vizual görüntü yaratmaq üçün müxtəlif şablonları ilə ən çox seçilən vizual dizayn vasitələrindən biridir.

Adobe Spark: Qrafik dizayn, veb səhifənin yaradılması və qısa video istehsalı üçün müxtəlif alətlər təqdim edir.

Qrammatika: Yazılı məzmunu düzgün qrammatika, orfoqrafiya və üslub üçün yoxlayır, daha effektiv və peşəkar yazı təmin edir.

Lumen5: Süni intellektlə işləyən video yaratma vasitəsidir. Mətn məzmununu vizual hekayələrə çevirmək üçün istifadə edilə bilər.

Artbreeder: Süni intellektə əsaslanan şəkil yaratma vasitəsi. Xüsusilə unikal və orijinal şəkillər yaratmaq üçün faydalıdır.

DeepArt: Fotoları sənət əsərinə çevirmək üçün süni intellektdən istifadə edir, yaradıcı və göz oxşayan vizuallar yaratmaq istəyənlər üçün idealdır.

Remini: Fotoları yaxşılaşdıran, gündəlik həyatımıza peşəkar film istehsalı səviyyəsində təsvirin artırılması və bərpası texnologiyalarını gətirir.

Bu alətlər marketoloqlara vaxt və xərc baxımından əhəmiyyətli üstünlüklər qazandırır və onların məzmun yaratma proseslərini əhəmiyyətli dərəcədə sürətləndirir. Həmçinin, süni intellektin təklif etdiyi avtomatlaşdırma və məlumatların təhlili imkanları məzmunun daha effektiv və hədəf auditoriyaya uyğun olmasını təmin edir.

SEO (Axtarış Motorunun Optimizasiyası):

Süni intellekt SEO proseslərinin avtomatlaşdırılmasında və onların daha effektiv edilməsində böyük rol oynayır. Süni intellekt meta teqlərin və başlıqların yaradılması, açar söz araşdırmasının aparılması, məzmunun optimallaşdırılmasının təkmilləşdirilməsi və istifadəçi davranışının təhlili kimi müxtəlif sahələrdə istifadə olunur. SEO üçün ən çox istifadə edilən süni intellekt alətlərindən bəziləri aşağıdakılardır:

SEMRush: Açar söz araşdırması, rəqib təhlili, sayt monitorinqi və SEO performansının monitorinqi kimi müxtəlif SEO funksiyalarını avtomatlaşdıran platformadır.

Ahrefs: Hərtərəfli açar söz araşdırması, saytın monitorinqi, geri keçid təhlili, məzmun strategiyaları və daha bir çox kritik elementləri ehtiva edən geniş xüsusiyyətlər təklif edən SEO alətidir.

Moz Pro: Sayt auditi, açar söz araşdırması, link təhlili və dərəcə izləmə kimi SEO tapşırıqları üçün hərtərəfli alətlər təqdim edir.

MarketMuse: Süni intellektlə məzmun strategiyasını və planlaşdırmanı dəstəkləyən alətdir. Məzmun keyfiyyətini və mövzu əhatəsini yaxşılaşdırmaq üçün təkliflər verir.

BrightEdge: Süni intellektlə işləyən SEO platformasıdır. O, müştərilərinə açar söz araşdırması, məzmunun optimallaşdırılması, performans təhlili, geri keçidin idarə edilməsi və digər SEO və marketinq tapşırıqları üçün alətlər təqdim edir. Məzmun performansını izləmək və tövsiyələr verməklə SEO strategiyalarını təkmilləşdirir.

Screaming Frog: Veb saytları araşdıran və SEO problemlərini təhlil edən bir vasitədir. Bu, sayt xəritələrinin yaradılmasında, metadata təhlilində və pozulmuş bağlantıların tapılmasında kömək edir.

Süni intellektlə işləyən bu SEO alətləri marketoloqlara və məzmun yaradıcılarına veb saytlarının axtarış sistemlərinin reytingini yaxşılaşdırmaq və üzvi trafikini artırmaq üçün lazım olan məlumat və tövsiyələri təqdim edir. Səmərəli istifadə edildikdə, bu vasitələr SEO səylərinin daha strateji və hədəfli olmasına imkan verir.

Müştəri Seqmentasiyası:

Süni intellektə əsaslanan müştəri seqmentasiyası marketoloqlara unikal üstünlük təqdim edir. Marketoloqlar müştəri məlumatlarını təhlil edərək, oxşar xüsusiyyətlər və ya

davranışlar nümayiş etdirən qrupları (segmentləri) müəyyən edir və bu segmentləşdirmə marketing strategiyalarını daha məqsədyönlü və fərdiləşdirməyə imkan verir. Bu sahədə tez-tez istifadə olunan bəzi süni intellekt alətləri aşağıdakılardır:

HubSpot CRM: Müştərilərlə qarşılıqlı əlaqəni izləməklə avtomatik segmentləşdirmə xüsusiyyətlərini təmin edir. Bu, marketoloqlara müştəri davranışı əsasında fərdiləşdirilmiş kampaniyalar yaratmaq imkanı verir.

Adobe Audience Manager: Müxtəlif mənbələrdən məlumatları birləşdirərək ətraflı müştəri profilləri və segmentləri yaradır.

Google Analytics: İstifadəçi davranışına əsaslanan segmentlər yaratmaq üçün veb-sayt məlumatlarından istifadə edir və marketoloqları həmin segmentlər üçün strategiyalar hazırlamaq üçün məlumatlarla təmin edir.

Mailchimp: İstifadəçi qarşılıqlı əlaqəsi əsasında e-poçt marketing kampaniyalarını avtomatik olaraq segmentləşdirir və fərdiləşdirilmiş məzmun təqdim edir.

Segment: Müştəri məlumatlarını bir araya gətirir, müxtəlif segmentlərin ətraflı təhlilini təmin edir və marketingin avtomatlaşdırılması üçün integrasiyalar təklif edir.

Optimove: Müştəri məlumat platforması olaraq, mürəkkəb müştəri məlumatlarını təhlil edir və mikro segmentasiya ilə marketing kampaniyalarını fərdiləşdirir.

Bu alətlər müştərilərin segmentləşdirilməsini asanlaşdırır və marketoloqlara öz müştəri bazalarını daha yaxşı başa düşmək və onlara daha uyğun, fərdiləşdirilmiş mesajlar çatdırmaq imkanı verir. Effektiv segmentləşdirmə müştəri loyallığını artırmaq və dəyişim nisbələrini yaxşılaşdırmaq potensialına malikdir.

Müştəri Xidməti və Dəstəyi:

Süni intellektlə işləyən chatbotlar müştəri xidmətində inqilab edir. Onlar sadə sorğulardan mürəkkəb problemlərin həllinə qədər geniş spektrli müştərilərlə qarşılıqlı əlaqəni idarə etmək üçün istifadə olunur. Bu robotlar müştərilərin ehtiyaclarını dərhal təhlil edər, fərdi cavablar verər və sualları lazımi şübhəyə yönəldə bilər. Müştəri xidmətində və dəstəkdə tez-tez istifadə olunan bəzi məşhur süni intellekt chatbotları aşağıdakılardır:

Zendesk Chat: Müştəri dəstəyi xidmətlərini idarə etmək üçün nəzərdə tutulmuş, avtomatik cavablar və müştəri qarşılıqlı analitikasını təklif edən chatbotdur.

Interkom: Müştəri dəstəyi, marketing və satış proseslərini idarə etmək üçün istifadə edilən qabaqcıl chatbot platformasıdır.

LivePerson: Müxtəlif kanallar üzrə müştəri qarşılıqlı əlaqəsini idarə etmək üçün süni intellektlə işləyən söhbət və mesajlaşma həlləri təqdim edir.

ManyChat: Xüsusilə sosial media platformaları üçün nəzərdə tutulmuş, istifadəsi asan chatbot yaratma vasitəsidir.

Freshdesk: Müştəri dəstəyini təmin etmək üçün süni intellektlə işləyən avtomatlaşdırılmış cavablar və bilet idarəetmə xüsusiyyətləri təklif edən platformadır.

Chatbot.com: Müxtəlif sənaye sahələrində istifadə üçün nəzərdə tutulmuş fərdiləşdirilə bilən chatbotlar təklif edən xidmətdir.

Süni intellektlə işləyən bu chatbotlar müştərilərlə qarşılıqlı əlaqə zamanı nəinki vaxt və resurslara qənaət edir, həmçinin müştəri məmnuniyyətini artırmaq və brend sədaqətini gücləndirmək üçün fərdi təcrübələr təqdim edir. Hər bir alət müştəri xidməti proseslərini avtomatlaşdırmaq və müştəri suallarına effektiv cavab vermək üçün müxtəlif imkanlar və xüsusiyyətlər təklif edir.

Data Analitikası:

Süni intellekt böyük məlumat dəstlərini emal edə, trendləri müəyyən edə və verilənlərdən mənalı fikirlər çıxara bilər. Məlumat analitikasında daha geniş istifadə olunan süni intellekt alətlərinə aşağıdakılardır:

Tableau: Verilənlərin vizuallaşdırılması və təhlili üçün süni intellekt xüsusiyyətləri təklif edən alətdir.

IBM Watson: Müxtəlif verilənlər analitikası funksiyaları üçün süni intellekt və maşın öyrənmə texnologiyalarından istifadə edir.

SAS Advanced Analytics: Qabaqcıl analitik modellər və alqoritmlər təqdim etməklə məlumatların təhlili proseslərini avtomatlaşdırır.

Google Analytics: Veb saytlarda və istifadəçi davranışında dərin təhlil aparmaq üçün süni intellektdən istifadə edir.

E-poçt Marketingi:

Süni intellekt e-poçt marketing strategiyalarının təkmilləşdirilməsində əsas rol oynayır. Bu texnologiya e-poçt məzmununun fərdiləşdirilməsi, istifadəçi davranışı əsasında avtomatlaşdırılmış iş axınlarının yaradılması və kampaniya performansının optimallaşdırılması kimi sahələrdə istifadə olunur. E-poçt marketingində istifadə olunan bəzi süni intellekt alətləri aşağıdakılardır:

Mailchimp: İstifadəçi davranışı əsasında avtomatik kampaniyalar yaradır və e-poçt məzmununu fərdiləşdirir. O, həmçinin kampaniya performansını təhlil edir və tövsiyələr verir.

Daimi Əlaqə: Fərdiləşdirilmiş e-poçt məzmunu yaratmaq üçün e-poçt marketinginin avtomatlaşdırılmasını və süni intellekt xüsusiyyətlərini təmin edir.

ActiveCampaign: Müştərilərlə qarşılıqlı əlaqəni izləməklə hədəflənmiş və fərdiləşdirilmiş e-poçt kampaniyaları yaratmaq imkanı verir.

HubSpot E-poçt Marketingi: E-poçt məzmununu fərdiləşdirmək, kampaniya nəticələrini təhlil etmək və istifadəçi qarşılıqlı əlaqəsi əsasında avtomatlaşdırılmış kampaniyalar yaratmaq üçün süni intellekt texnologiyalarından istifadə edir.

GetResponse: Avtomatlaşdırılmış iş axınları yaratmaq, məzmunu fərdiləşdirmək və kampaniyaları təhlil etmək üçün süni intellektdən istifadə edir.

AWeber: Ağıllı e-poçt məzmununun yaradılması və istifadəçi davranışına əsaslanan avtomatlaşdırılmış kampaniyalar üçün süni intellekt xüsusiyyətlərini təmin edir.

Süni intellektlə işləyən bu e-poçt marketing alətləri marketoloqların vaxtına qənaət edir, eyni zamanda onların e-poçt kampaniyalarının effektivliyini artırır, həmçinin fərdiləşdirilmiş məzmun və avtomatlaşdırılmış iş axınları müştərilərin cəlb edilməsini və dönüşüm nisbətlerini yaxşılaşdırmağa kömək edir.

Süni intellekt marketing mütəxəssislərini əvəz etmək məqsədi daşıyan bir texnologiya deyil, onların söylərini tamamlayan və gücləndirən bir vasitədir. Süni intellektin səmərəli istifadəsi insanların yaradıcılığından, tənqidi düşünmə qabiliyyətindən və strateji planlaşdırma qabiliyyətindən asılıdır. O, müştəri münasibətlərinin idarə edilməsindən tutmuş məzmunun yaradılmasına, hədəf auditoriyasının segmentləşdirilməsindən reklamın optimallaşdırılmasına qədər geniş çeşiddə rəqəmsal marketing sahələrində effektiv rol oynayır. Bu texnologiya analitik dərinliyi və

avtomatlaşdırma imkanları sayəsində marketoloqların vaxtına və resurslarına qənaət edir, onlara daha strateji və diqqətli iş aparmağa imkan verir.

Hər bir inkişaf edən texnologiya kimi, süni intellektin də üstünlükləri və mənfi cəhətləri var. Süni intellektlə rəqəmsal marketingin qazandığı müsbət və mənfi cəhətlərinə aşağıda nəzər salaq. Rəqəmsal marketingdə süni intellektin üstünlükləri:

Müxtəlif tapşırıqları avtomatlaşdırır, vaxtınızı və səyinizi daha çətin və strateji vəzifələrə yönəldərək məhsuldarlığı artırır;

Məlumatların daxil edilməsi, marketing kampaniyaları üçün potensial müştərilərin çeşidlənməsi və istehlakçı sorğularına cavab vermək kimi gündəlik və təkrarlanan fəaliyyətləri idarə etməklə səmərəliliyi artırır;

Fərziyyələri aradan qaldırır, daha effektiv marketing yanaşmasına gətirib çıxarır və yeni marketing imkanları yaradır;

Məlumatları qiymətləndirərək, istifadəçi təcrübəsini yaxşılaşdırır və istehlakçıları satınalma səyahətlərini tamamlamaq üçün lazım olan məzmunla təmin edir;

Uyğun miqyasda keyfiyyətli məzmun istehsalı üçün məzmun yaradılmasını avtomatlaşdırır və optimallaşdırır;

Müştəri məlumatlarını təhlil edir və müştəri təcrübəsini artırmaq üçün fərdi tövsiyələr və ya məzmun yaradaraq uyğun miqyasda fərdiləşdirir;

Tarixi məlumatlar əsasında istehlakçı davranışını və ya bazar tendensiyalarını proqnozlaşdırmaqla daha dəqiq və effektiv planlaşdırmağa kömək edir;

Məlumatların təhlili, müştəri segmentasiyası, e-poçtların çeşidlənməsi və s. kimi gündəlik tapşırıqları yerinə yetirərək tapşırıqları avtomatlaşdırır.

Rəqəmsal marketingdə süni intellektin mənfi cəhətləri:

Süni intellekt yalnız istifadə etdiyi məlumatlar qədər effektivdir və mahiyyət etibarilə neytral deyil. İrqi, cinsi, mədəni və sosial-iqtisadi qərəzlərdən xəbərdar olmaq lazımdır;

Məlumat səhvləri və ya qeyri-dəqiqliklər səhv təhlillərə və bahalı biznes qərarlarına səbəb ola bilər.

Məlumatların məxfiliyi, qərəzlilik və ayrı-seçkilik kimi etik nəticələr də nəzərə alınmalıdır.

Etik narahatlıqlara istifadəçi məlumatlarının manipulyasiyası, razılıq və hiper hədəflənmiş reklamda "sürünmə faktoru" daxildir.

Süni intellekt sistemləri çox vaxt həssas məlumatları ehtiva edən geniş verilənlər bazasına giriş tələb edir ki, bu da məlumat həssaslığına və təhlükəsizliyinə səbəb olur.

Süni intellekt tərəfindən yaradılan məzmun daha çox yayıldıqca, şəffaflıq, plagiat, müəlliflik və əqli mülkiyyətlə bağlı suallara səbəb olur.

Süni intellektin rəqəmsal marketingə təsiri, şübhəsiz ki, inqilabi xarakter daşıyır. Bu texnologiya səmərəliliyi artırır, eyni zamanda yaradıcılıq və strateji düşüncə üçün yol açır. Bununla belə, hər hansı yenilikçi vasitə kimi, süni intellekt də qərəz, şəffaflıq və məlumat təhlükəsizliyi kimi həll etməli olduğu öz problemləri var.

Süni intellekt texnologiyaları gündəlik tapşırıqları avtomatlaşdırmağa, marketing kampaniyalarını optimallaşdırmağa, uyğunlaşdırılmış məzmunun yaradılmasına və çatdırılmasına imkan verir. Bu irəliləyişlər marketing strategiyasının səmərəliliyini, fərdiləşdirməni, analitik keyfiyyətini və s. artırır. Bu baxımdan qeyd etmək lazımdır ki,

rəqəmsal marketing getdikcə süni intellektdən daha çox istifadə olunur və bu, biznes üçün əlavə imkanlar yaradır.

Beləliklə, marketoloqlar süni intellekt alətlərindən istifadə etməklə xidmət keyfiyyətini və müştəri loyallığını yaxşılaşdırır, hədəf auditoriyanı daha dərinləndirərək dərk edər, qərar qəbul etmə prosesini təkmilləşdirər bilərlər. Süni intellektin marketing fəaliyyətinə tətbiqi şirkətlərə daim dəyişən bazar şəraitində yüksək rəqabət qabiliyyətinə nail olmağa, maliyyə nəticələrini yaxşılaşdırmağa, iqtisadi, texniki və ekoloji göstəricilərin səmərəliliyini artırmağa imkan verir.

ABSTRACT

Arzu JAVID

ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS IN DIGITAL MARKETING

Advances in big data analytics and artificial intelligence have significantly changed marketing practices and consumer behavior. Artificial intelligence offers promising opportunities for marketing practice and research. However, marketers need to thoroughly understand artificial intelligence and its impact on consumers. The article explores the possibilities of using artificial intelligence tools in digital marketing activities. Artificial intelligence in marketing is considered a new idea and commercial perspective that can increase the productivity of companies. Artificial intelligence has the ability to analyze user data to learn consumer behavior, identify customer preferences, and create a profile of the target audience. Marketing specialists will be able to provide effective and profitable strategies with the help of collected data. The use of artificial intelligence tools will allow you to personalize customer needs and create high-quality contingents in the business. Analysis of customer data helps to establish market trends and improves the quality of behavioral recommendations. The purpose of this study is to investigate the application of artificial intelligence tools in companies' marketing activities to increase the effectiveness of companies' key performance indicators, and the positive and negative aspects of using artificial intelligence tools.

Keywords: digital marketing, artificial intelligence, artificial intelligence tools, technology, automation.

РЕЗЮМЕ

Арзу ДЖАВИД

ИНСТРУМЕНТЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЦИФРОВОМ МАРКЕТИНГЕ

Достижения в области анализа больших данных и искусственного интеллекта существенно изменили маркетинговые практики и поведение потребителей. Искусственный интеллект открывает многообещающие возможности для маркетинговой практики и исследований. Однако маркетологам необходимо иметь полное представление об искусственном интеллекте и его влиянии на потребителей. В статье рассматриваются возможности использования инструментов искусственного интеллекта в деятельности цифрового маркетинга. В маркетинге искусственный интеллект рассматривается как новая идея и коммерческая перспектива, способная повысить производительность компаний. Искусственный интеллект способен анализировать пользовательские данные, чтобы изучать поведение потребителей, определять их предпочтения и создавать профиль

целевой аудитории. Используя собранные данные, специалисты по маркетингу смогут разрабатывать эффективные и прибыльные стратегии. Использование инструментов искусственного интеллекта позволит персонализировать потребности клиентов и сформировать качественный контингент в бизнесе. Анализ данных о клиентах помогает определять тенденции рынка и повышает качество поведенческих рекомендаций. Целью данного исследования является изучение применения инструментов искусственного интеллекта в маркетинговой деятельности компаний для повышения эффективности ключевых показателей деятельности компаний, а также положительных и отрицательных сторон использования инструментов искусственного интеллекта.

Ключевые слова: цифровой маркетинг, искусственный интеллект, инструменты искусственного интеллекта, технологии, автоматизация.

SOME NOVEL INTEGRAL INEQUALITIES FOR GEOMETRICALLY CONVEX FUNCTIONS

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17203978>

Ahmet Ocak AKDEMİR¹

aoakdemir@agri.edu.tr

ORCID ID: 0000-0003-2466-0508

Sinan ASLAN²

sinanaslan0407@gmail.com

ORCID ID: 0000-0001-5970-1926

Zümrüd NAĞİYEVA³

zumrudnaguyeva@ndu.edu.az

¹ Ağrı İbrahim Çeçen University, Faculty of Science and Letters,
Department of Mathematics, Ağrı, Türkiye

² Ağrı Türk Telekom Social Sciences High School, Ağrı, Türkiye

³ Nakhchivan State University, Nakhchivan, Azerbaijan

XÜLASƏ

Qabarıqlıq riyazi analiz sahəsində, xüsusən bərabərsizlik nəzəriyyəsi kontekstində vacib və əsas anlayışdır və burada çoxsaylı mühüm nəticələrin alınması üçün həlledici vasitə rolunu oynayır. Konsepsiya çox yönlü olması və optimallaşdırma, funksional analiz və diferensial tənliklər kimi müxtəlif sahələrdə dərin təsiri sayəsində tədqiqatçıların geniş diqqətini cəlb etmişdir. Ədəbiyyatda müxtəlif növ qabarıq funksiyalar üçün Caputo-Fabrizio fraksiya integral operatorunun tətbiqi ilə yeni, daha ümumi bərabərsizliklərin müəyyən edilməsi məqsədi ilə əhəmiyyətli tədqiqatlar meydana çıxmışdır. Bu operator fraksiya hesablamasındakı həlledici rolu və klassik anlayışları yeni üsullarla genişləndirmək qabiliyyətinə görə böyük marağa səbəb olmuşdur. Bu yazıda biz GG qabarıq funksiyalar üçün yeni Hadamard tipli bərabərsizliklər toplusunu təqdim edirik. Nəticələr funksiya sinfinin fundamental xassələrini, operatorun struktur nüanslarını diqqətlə təhlil etməklə və bu tədqiqatın əsasını təşkil edən əsas analitik metodlardan istifadə etməklə əldə edilir.

Açar sözlər: Hadamard tipli bərabərsizliklər, Həndəsi qabarıq funksiyalar, Kaputo-Fabrizio kəsir integralları.

GİRİŞ (Introduction)

Convex functions, with their well-defined geometric and algebraic properties, provide the framework for many classical and modern inequalities, offering a structured approach to addressing complex mathematical problems. A precise and formal definition of convex functions, which underpins much of the theoretical development in this field, is presented in reference [22].

Definition 1. (Pecaric et al. [22]) Let I be an interval in $\mathbb{R}$. Then $\Upsilon : I \rightarrow \mathbb{R}$ is said to be convex, if

$$\Upsilon(\varpi\mu_1 + (1-\varpi)\mu_2) \leq \varpi\Upsilon(\mu_1) + (1-\varpi)\Upsilon(\mu_2)$$

holds for all $\mu_1, \mu_2 \in I$ and $\varpi \in [0, 1]$.

The notion of geometrically convex functions was first introduced in [23], where it was formally defined and explored in detail, providing a new perspective on convexity by incorporating geometric structures into the classical concept of convexity.

Definition 3. A function $\Upsilon : I \subseteq \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}^+$ is said to be a geometrically convex function, if

$$\Upsilon(\mu_1^\varpi \mu_2^{1-\varpi}) \leq [\Upsilon(\mu_1)]^\varpi [\Upsilon(\mu_2)]^{1-\varpi}$$

for all $\mu_1, \mu_2 \in I$ and $\varpi \in [0, 1]$

Recent advancements and findings related to geometrically convex functions can be found in the works presented in [24-30], where various novel results have been established, further expanding the scope and application of this concept in different areas of mathematical analysis. In their work, Anderson et al. provided the following formal definition, as outlined in (Anderson et al. [31]), which has been influential in shaping subsequent research in the field.

Definition 6. A function $M : (0, \infty) \times (0, \infty) \rightarrow (0, \infty)$ is called a Mean function if

- (1) $M(\mu_1, \mu_2) = M(\mu_2, \mu_1)$,
- (2) $M(\mu_1, \mu_1) = \mu_1$,
- (3) $\mu_1 < M(\mu_1, \mu_2) < \mu_2$, whenever $\mu_1 < \mu_2$,
- (4) $M(a\mu_1, a\mu_2) = aM(\mu_1, \mu_2)$ for all $a > 0$.

Let us recall special means (See [31,32,33])

1. Arithmetic Mean: $M(\mu_1, \mu_2) = A(\mu_1, \mu_2) = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2}$.

2. Geometric Mean: $M(\mu_1, \mu_2) = G(\mu_1, \mu_2) = \sqrt{\mu_1 \mu_2}$.

3. Harmonic Mean: $M(\mu_1, \mu_2) = H(\mu_1, \mu_2) = 1/A\left(\frac{1}{\mu_1}, \frac{1}{\mu_2}\right)$.

4. Logarithmic Mean: $M(\mu_1, \mu_2) = L(\mu_1, \mu_2) = (\mu_1 - \mu_2)/(\log \mu_1 - \log \mu_2)$ for $\mu_1 \neq \mu_2$ and $L(\mu_1, \mu_1) = \mu_1$.

5. Identric Mean: $M(\mu_1, \mu_2) = I(\mu_1, \mu_2) = (1/e) \left(\mu_1^{\mu_1} / \mu_2^{\mu_2} \right)^{1/(\mu_1 - \mu_2)}$ for $\mu_1 \neq \mu_2$ and $I(\mu_1, \mu_1) = \mu_1$.

Now we are in a position to put in order as:

$$H(\mu_1, \mu_2) \leq G(\mu_1, \mu_2) \leq L(\mu_1, \mu_2) \leq I(\mu_1, \mu_2) \leq A(\mu_1, \mu_2) \leq K(\mu_1, \mu_2).$$

In [31], the authors also introduced a definition of convexity, which is formally described as follows, providing a key framework for further exploration in the field.

Definition 7. Let $\Upsilon : I \rightarrow (0, \infty)$ be continuous, where I is subinterval of $(0, \infty)$. Let M and N be any two Mean functions. We say Υ is MN -convex (concave) if

$$\Upsilon(M(\mu_1, \mu_2)) \leq (\geq) N(\Upsilon(\mu_1), \Upsilon(\mu_2))$$

for all $\mu_1, \mu_2 \in I$.

Definition 1.1 [2] Let $f \in H^1(a, b)$, $b > a$, $\alpha \in [0, 1]$. The definitions of the left and right sides of the Caputo-Fabrizio fractional integral are given as:

$$({}^{CF}I_a^\alpha)(t) = \frac{1-\alpha}{B(\alpha)} f(t) + \frac{\alpha}{B(\alpha)} \int_a^t f(y) dy$$

and

$$({}^{CF}I_b^\alpha)(t) = \frac{1-\alpha}{B(\alpha)} f(t) + \frac{\alpha}{B(\alpha)} \int_t^b f(y) dy$$

where $B(\alpha) > 0$ is normalization function.

In the sequel of the paper, we will denote normalization function as $B(\alpha)$ with $B(0) = B(1) = 1$.

In [4], the authors provided an integral inequality of Hermite-Hadamard type for preinvex functions via Caputo-Fabrizio fractional integral operator as follows.

Theorem 1.1 Let $f: I = [k_1, k_1 + \mu(k_2, k_1)] \rightarrow (0, \infty)$ be a preinvex function on I° and $f \in L[k_1, k_1 + \mu(k_2, k_1)]$. If $\alpha \in [0, 1]$, then the following inequality holds:

$$f\left(\frac{2k_1 + \mu(k_2, k_1)}{2}\right) \leq \frac{B(\alpha)}{\alpha\mu(k_2, k_1)} \left[{}^{CF}I_{k_1}^\alpha \{f(k)\} + {}^{CF}I_{k_1 + \mu(k_2, k_1)}^\alpha \{f(k)\} - \frac{2(1-\alpha)}{B(\alpha)} f(k) \right] \leq \frac{f(k_1) + f(k_2)}{2}$$

where $k \in [k_1, k_1 + \mu(k_2, k_1)]$.

For readers interested in exploring various types of fractional operators and the development of novel integral inequalities involving these operators, we highly recommend consulting the following works, which provide comprehensive insights into these topics: [1]-[21].

Main Results

Theorem 1 Let $I \subseteq \mathbb{R}$. Suppose that $f: [a, b] \subseteq I \rightarrow \mathbb{R}$ is a Geometrically convex function on $[a, b]$ such that $f \in L_1[a, b]$. Then, we have the following inequality for Caputo-Fabrizio fractional integrals:

$$({}^{CF}I_a^\alpha g)(k) + ({}^{CF}I_b^\alpha g)(k) \leq \frac{2(1-\alpha)g(k)(\ln f(b) - \ln f(a)) + \alpha(\ln b - \ln a)(f(b) - f(a))}{B(\alpha)(\ln f(b) - \ln f(a))}.$$

Where $B(\alpha) > 0$ is normalization function $g(x) = \frac{f(x)}{x}$ and $\alpha \in [0, 1]$.

Proof 1 : By using the definition of GG-convex function, we can write

$$f(a^t b^{1-t}) \leq [f(a)]^t [f(b)]^{1-t}.$$

By integrating both sides of the inequality over $[0, 1]$ with respect to t , we get

$$\int_0^1 f(a^t b^{1-t}) dt = \int_0^1 [f(a)]^t [f(b)]^{1-t} dt.$$

By changing of the variable as $x = a^t b^{1-t}$ we obtain and by calculating the right hand side, we obtain

$$\frac{1}{\ln b - \ln a} \int_a^b \frac{f(x)}{x} dx = \frac{f(b) - f(a)}{\ln f(b) - \ln f(a)}.$$

If we take $g(x) = \frac{f(x)}{x}$, we obtain

$$\frac{1}{\ln b - \ln a} \int_a^b g(x) dx = \frac{f(b) - f(a)}{\ln f(b) - \ln f(a)}.$$

By multiplying both sides of the above inequality with $\frac{\alpha(\ln b - \ln a)}{B(\alpha)}$ and adding $\frac{2(1-\alpha)}{B(\alpha)} f(k)$, we have

$$\frac{2(1-\alpha)}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha}{B(\alpha)} \int_a^b g(x) dx = \frac{2(1-\alpha)}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha(\ln b - \ln a)(f(b) - f(a))}{B(\alpha)(\ln f(b) - \ln f(a))}.$$

By simplifying the inequality, we get the result.

$$\left(\frac{1-\alpha}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha}{B(\alpha)} \int_a^k g(x) dx \right) + \left(\frac{1-\alpha}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha}{B(\alpha)} \int_k^b g(x) dx \right)$$

$$= \frac{2(1-\alpha)}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha(\ln b - \ln a)(f(b) - f(a))}{B(\alpha)(\ln f(b) - \ln f(a))}$$

$$({}^{CF}I_a^\alpha g)(k) + ({}^{CF}I_b^\alpha g)(k) \leq \frac{2(1-\alpha)g(k)(\ln f(b) - \ln f(a)) + \alpha(\ln b - \ln a)(f(b) - f(a))}{B(\alpha)(\ln f(b) - \ln f(a))}.$$

Theorem 2 Let $I \subseteq \mathbb{R}$. Suppose that $f: [a, b] \subseteq I \rightarrow \mathbb{R}$ is a Geometrically convex function on $[a, b]$ such that $f \in L_1[a, b]$. Then, we have the following inequality for Caputo-Fabrizio fractional integrals:

$$({}^{CF}I_a^\alpha g)(k) + ({}^{CF}I_b^\alpha g)(k) \leq \frac{2(1-\alpha)}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha(\ln b - \ln a)}{B(\alpha)} \left(\frac{(f(a))^{pt} - 1}{\ln(f(a))^p} \right)^{\frac{1}{p}} \left(\frac{1 - (f(b))^{q(1-t)}}{\ln(f(b))^q} \right)^{\frac{1}{q}}.$$

Where $B(\alpha) > 0$ is normalization function $q > 1, \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$, $g(x) = \frac{f(x)}{x}$ and $\alpha \in [0, 1]$.

Proof 2 : By using the definition of GG-convex function, we can write

$$f(a^t b^{1-t}) \leq [f(a)]^t [f(b)]^{1-t}.$$

By integrating both sides of the inequality over $[0, 1]$ with respect to t , we get

$$\int_0^1 f(a^t b^{1-t}) dt = \int_0^1 [f(a)]^t [f(b)]^{1-t} dt.$$

If we apply the Hölder's inequality to the right-hand side of the inequality, we get

$$\int_0^1 f(a^t b^{1-t}) dt \leq \left(\int_0^1 [f(a)]^{pt} dt \right)^{\frac{1}{p}} \left(\int_0^1 [f(b)]^{q(1-t)} dt \right)^{\frac{1}{q}}.$$

By changing of the variable as $x = a^t b^{1-t}$ we obtain and by calculating the right hand side, we obtain

$$\frac{1}{\ln b - \ln a} \int_a^b \frac{f(x)}{x} dx = \left(\frac{(f(a))^{pt} - 1}{\ln(f(a))^p} \right)^{\frac{1}{p}} \left(\frac{1 - (f(b))^{q(1-t)}}{\ln(f(b))^q} \right)^{\frac{1}{q}}.$$

If we take $g(x) = \frac{f(x)}{x}$, we obtain

$$\frac{1}{\ln b - \ln a} \int_a^b g(x) dx = \left(\frac{(f(a))^{pt} - 1}{\ln(f(a))^p} \right)^{\frac{1}{p}} \left(\frac{1 - (f(b))^{q(1-t)}}{\ln(f(b))^q} \right)^{\frac{1}{q}}.$$

By multiplying both sides of the above inequality with $\frac{\alpha(\ln b - \ln a)}{B(\alpha)}$ and adding $\frac{2(1-\alpha)}{B(\alpha)} f(k)$, we have

$$\frac{2(1-\alpha)}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha}{B(\alpha)} \int_a^b g(x) dx$$

$$= \frac{2(1-\alpha)}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha(\ln b - \ln a)}{B(\alpha)} \left(\frac{(f(a))^{pt} - 1}{\ln(f(a))^p} \right)^{\frac{1}{p}} \left(\frac{1 - (f(b))^{q(1-t)}}{\ln(f(b))^q} \right)^{\frac{1}{q}}.$$

By simplifying the inequality, we get the result.

$$\left(\frac{1-\alpha}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha}{B(\alpha)} \int_a^k g(x) dx \right) + \left(\frac{1-\alpha}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha}{B(\alpha)} \int_k^b g(x) dx \right)$$

$$= \frac{2(1-\alpha)}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha(\ln b - \ln a)}{B(\alpha)} \left(\frac{(f(a))^{pt} - 1}{\ln(f(a))^p} \right)^{\frac{1}{p}} \left(\frac{1 - (f(b))^{q(1-t)}}{\ln(f(b))^q} \right)^{\frac{1}{q}}.$$

$$({}^{CF}I_a^\alpha g)(k) + ({}^{CF}I_b^\alpha g)(k) \leq \frac{2(1-\alpha)}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha(\ln b - \ln a)}{B(\alpha)} \left(\frac{(f(a))^{pt} - 1}{\ln(f(a))^p} \right)^{\frac{1}{p}} \left(\frac{1 - (f(b))^{q(1-t)}}{\ln(f(b))^q} \right)^{\frac{1}{q}}.$$

Theorem 3 Let $I \subseteq \mathbb{R}$. Suppose that $f: [a, b] \subseteq I \rightarrow \mathbb{R}$ is a Geometrically convex function on $[a, b]$ such that $f \in L_1[a, b]$. Then, we have the following inequality for Caputo-Fabrizio fractional integrals:

$$\begin{aligned} &({}^{CF}I_a^\alpha g)(k) + ({}^{CF}I_b^\alpha g)(k) \\ &\leq \frac{2(1-\alpha)}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha(\ln b - \ln a)}{B(\alpha)} \left(\frac{1}{p} \left(\frac{(f(a))^{pt} - 1}{\ln(f(a))^p} \right) + \frac{1}{q} \left(\frac{1 - (f(b))^{q(1-t)}}{\ln(f(b))^q} \right) \right). \end{aligned}$$

Where $B(\alpha) > 0$ is normalization function $q > 1, \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1, g(x) = \frac{f(x)}{x}$ and $\alpha \in [0, 1]$.

Proof 3 : By using the definition of GA-convex function, we can write

$$f(a^t b^{1-t}) \leq [f(a)]^t [f(b)]^{1-t}.$$

By integrating both sides of the inequality over $[0, 1]$ with respect to t , we get

$$\int_0^1 f(a^t b^{1-t}) dt = \int_0^1 [f(a)]^t [f(b)]^{1-t} dt.$$

If we apply the Young's inequality to the right-hand side of the inequality, we get

$$\int_0^1 f(a^t b^{1-t}) dt \leq \frac{1}{p} \left(\int_0^1 [f(a)]^{pt} dt \right) + \frac{1}{q} \left(\int_0^1 [f(b)]^{q(1-t)} dt \right).$$

By changing of the variable as $x = a^t b^{1-t}$ we obtain and by calculating the right hand side, we obtain

$$\frac{1}{\ln b - \ln a} \int_a^b \frac{f(x)}{x} dx = \frac{1}{p} \left(\frac{(f(a))^{pt} - 1}{\ln(f(a))^p} \right) + \frac{1}{q} \left(\frac{1 - (f(b))^{q(1-t)}}{\ln(f(b))^q} \right).$$

If we take $g(x) = \frac{f(x)}{x}$, we obtain

$$\frac{1}{\ln b - \ln a} \int_a^b g(x) dx = \frac{1}{p} \left(\frac{(f(a))^{pt} - 1}{\ln(f(a))^p} \right) + \frac{1}{q} \left(\frac{1 - (f(b))^{q(1-t)}}{\ln(f(b))^q} \right).$$

By multiplying both sides of the above inequality with $\frac{\alpha(\ln b - \ln a)}{B(\alpha)}$ and adding $\frac{2(1-\alpha)}{B(\alpha)} f(k)$, we have

$$\begin{aligned} &\frac{2(1-\alpha)}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha}{B(\alpha)} \int_a^b g(x) dx \\ &= \frac{2(1-\alpha)}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha(\ln b - \ln a)}{B(\alpha)} \left(\frac{1}{p} \left(\frac{(f(a))^{pt} - 1}{\ln(f(a))^p} \right) + \frac{1}{q} \left(\frac{1 - (f(b))^{q(1-t)}}{\ln(f(b))^q} \right) \right). \end{aligned}$$

By simplifying the inequality, we get the result.

$$\begin{aligned} &\left(\frac{1-\alpha}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha}{B(\alpha)} \int_a^k g(x) dx \right) + \left(\frac{1-\alpha}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha}{B(\alpha)} \int_k^b g(x) dx \right) \\ &= \frac{2(1-\alpha)}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha(\ln b - \ln a)}{B(\alpha)} \left(\frac{1}{p} \left(\frac{(f(a))^{pt} - 1}{\ln(f(a))^p} \right) + \frac{1}{q} \left(\frac{1 - (f(b))^{q(1-t)}}{\ln(f(b))^q} \right) \right). \end{aligned}$$

$$({}^{CF}I_a^\alpha g)(k) + ({}^{CF}I_b^\alpha g)(k) \leq \frac{2(1-\alpha)}{B(\alpha)} g(k) + \frac{\alpha(\ln b - \ln a)}{B(\alpha)} \left(\frac{1}{p} \left(\frac{(f(a))^{pt} - 1}{\ln(f(a))^p} \right) + \frac{1}{q} \left(\frac{1 - (f(b))^{q(1-t)}}{\ln(f(b))^q} \right) \right).$$

REFERENCES

1. Abdeljawad, T., Baleanu, D. (2017). Integration by parts and its applications of a new nonlocal fractional derivative with Mittag-Leffler nonsingular kernel. *J. Nonlinear Sci. Appl.*, 10, 1098–1107.
2. Abdeljawad, T., Baleanu, D. (2017). On fractional derivatives with exponential kernel and their discrete versions. *Reports on Mathematical Physics*, 80(1), 11-27.
3. Atangana, A., Baleanu, D. (2016). New fractional derivatives with non-local and non-singular kernel: Theory and Application to heat transfer model. *Thermal Science*, 20 (2), 763-769.
4. Tariq, M., Ahmad, H., Shaikh, A. G., Sahoo, S. K., Khedher, K. M., Gia, T. N. (2022). New fractional integral inequalities for preinvex functions involving Caputo Fabrizio operator. *AIMS Mathematics*, 7(3):3440–3455.
5. Caputo, M., Fabrizio, M. (2015). A new definition of fractional derivative without singular kernel. *Progress in Fractional Differentiation & Applications*, 1(2), 73-85.
6. Abdeljawad, T. (2015). On conformable fractional calculus. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 279, 57-66.
7. Akdemir, A.O., Aslan, S., Çakaloğlu, M.N. and Set, E. New Hadamard Type Integral Inequalities via Caputo-Fabrizio Fractional Operators. 4th International Conference on Mathematical and Related Sciences. Page (91) ICMRS 2021.
8. Akdemir, A., Aslan, S., Ekinici, A. (2022). Novel Approaches for s-Convex Functions via Caputo-Fabrizio Fractional integrals. *Proceedings of IAM*, 11(1), 3-16.
9. Akdemir, A.O., Aslan, S., Çakaloğlu, M.N. and Ekinici, A. Some New Results for Different Kinds of Convex Functions Caputo-Fabrizio Fractional Operators. 4th International Conference on Mathematical and Related Sciences. Page (92) ICMRS 2021.
10. Akdemir, A. O., Butt, S. I., Nadeem, M., Ragusa, M. A. (2021). New general variants of Chebyshev type inequalities via generalized fractional integral operators. *Mathematics*, 9(2), 122.
11. Akdemir, A. O., Ekinici, A., Set, E. (2017). Conformable fractional integrals and related new integral inequalities, *Journal of Nonlinear and Convex Analysis*, 18 (4), 661-674.
12. Aslan, S. (2023). Some Novel Fractional Integral Inequalities for Different Kinds of Convex Functions. *Eastern Anatolian Journal of Science*, 9(1), 27-32.
13. Butt, S. I., Nadeem, M., Qaisar, S., Akdemir, A. O., Abdeljawad, T. (2020). Hermite–Jensen–Mercer type inequalities for conformable integrals and related results. *Advances in Difference Equations*, 2020(1), 1-24.
14. Butt, S. I., Umar, M., Rashid, S., Akdemir, A. O., Chu, Y. M. (2020). New Hermite–Jensen–Mercer-type inequalities via k-fractional integrals. *Advances in Difference Equations*, 2020, 1-24.
15. Caputo, M., Fabrizio, M. (2015). A new definition of fractional derivative without singular kernel. *Progress in Fractional Differentiation & Applications*, 1(2), 73-85.

16. Ekinici, A., Özdemir, M.E. (2019). Some new integral inequalities via Riemann-Liouville integral operators. *Applied and Computational Mathematics*, 18(3), 288-295.
17. Rashid, S., Hammouch, Z., Kalsoom, H., Ashraf, R., Chu, Y. M. (2020). New investigation on the generalized k-fractional integral operators. *Frontiers in Physics*, 8, 25.
18. Rashid, S., Kalsoom, H., Hammouch, Z., Ashraf, R., Baleanu, D., Chu, Y. M. (2020). New multi-parametrized estimates having pth-order differentiability in fractional calculus for predominating h -convex functions in Hilbert space. *Symmetry*, 12(2), 222.
19. Samko, S. G. (1993). Fractional integrals and derivatives. *Theory and Applications, Gordon and Breach*.
20. Set, E. (2012). New inequalities of Ostrowski type for mappings whose derivatives are s-convex in the second sense via fractional integrals. *Computers & Mathematics with Applications*, 63(7), 1147-1154.
21. Set, E., Akdemir, A. O., Özdemir, E. M. (2017). Simpson type integral inequalities for convex functions via Riemann-Liouville integrals. *Filomat*, 31(14), 4415-4420.
22. Pecaric JE, Tong YL. Convex functions, partial orderings, and statistical applications. Academic Press;1992.
23. Niculescu CP. Convexity according to the geometric mean. *Math. Inequal. Appl.* 2000; 3(2): 155-167.
24. Özdemir ME, Yıldız Ç, Gürbüz M. A note on geometrically convex functions. *Journal of Inequalities and Applications*. 2014(1): 1-12.
25. Xi BY, Bai RF, Qi F. Hermite-Hadamard type inequalities for the $m -$ and (α, m) -geometrically convex functions. *Aequationes mathematicae*, 2012; 84(3): 261-269.
26. Özdemir ME. Inequalities on geometrically convex functions. arXiv preprint arXiv: 2013; 1312.7725.
27. Dokuyucu M, Aslan S. Some New Approaches for Geometrically Convex Functions. *9ROXPH*. 2022; 156.
28. Rashid S, Akdemir AO, Ekinici A, Aslan S. Some Fractional Integral Inequalities for Geometrically Convex Functions. In 3rd International Conference on Mathematical and Related Sciences: Current Trends and Developments Proceedings Book. (2020, November). (p. 246).
29. Butt SI, Ekinici A, Akdemir AO, Aslan S. Inequalities for Geometrically Convex Functions. In 3rd International Conference on Mathematical and Related Sciences: Current Trends and Developments Proceedings Book. (2020, November). (Vol. 1, p. 238).
30. Akdemir AO, Dutta H. (2020). New integral inequalities for product of geometrically convex functions. In 4th International Conference on Computational Mathematics and Engineering Sciences (CMES-2019) 4 (pp. 315-323). Springer International Publishing.
31. Anderson GD, Vamanamurthy MK, Vuorinen M. Generalized convexity and inequalities, *J. Math. Anal. Appl.*, 335 (2007), 1294-1308.
32. Bullen PS. Handbook of Means and Their Inequalities, *Math. Appl.*, vol. 560, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2003.
33. Bullen PS, Mitrinovic DS, Vasic PM. Means and Their Inequalities, Reidel, Dordrecht; 1988.

ABSTRACT

Convexity is an essential and foundational concept in the realm of mathematical analysis, particularly in the context of inequality theory, where it serves as a crucial tool for deriving numerous important results. The concept has garnered widespread attention from researchers due to its versatility and profound influence in diverse areas such as optimization, functional analysis, and differential equations. A significant body of research has emerged in the literature, driven by the goal of establishing new, more general inequalities through the application of the Caputo-Fabrizio fractional integral operator for different kinds of convex functions. This operator has attracted considerable interest due to its crucial role in fractional calculus and its ability to extend classical concepts in novel ways. In this paper, we present a set of new Hadamard-type inequalities for GG-convex functions. The results are derived by carefully analyzing the fundamental properties of the function class, the structural nuances of the operator, and employing key analytical methods that form the backbone of this study.

Key words: *Hadamard-type inequalities, Geometrically convex functions, Caputo-Fabrizio fractional integrals.*

DƏYİŞTİRİLMİŞ ATANGANA-BALEANU FRAKSİONAL İNTEQRALLARLA η -QABARIQ FUNKSİYALAR ÜÇÜN YENİ İNTEQRAL BƏRABƏRSİZLİKLER

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17203990>

Ali KARAOĞLAN¹

aliblackboy80@hotmail.com

ORCID ID: 0000-0002-8726-4716

Ahmet Ocak AKDEMİR²

aocakakdemir@gmail.com

ORCID ID: 0000-0003-2466-0508

Erhan SET¹

erhanset@yahoo.com

ORCID ID: 0000-0003-1364-5396

¹Ordu Universiteti

²Ağrı İbrahim Çeçen Universiteti

XÜLASƏ

Kəsr analizi klassik törəmə və integral anlayışlarını tam olmayan sıralara ümumiləşdirməklə funksional analiz və diferensial tənliklər kimi bir çox sahələrə yeni perspektivlər gətirmişdir. Bu inkişafın mühüm əksini bərabərsizliklər nəzəriyyəsində müşahidə etmək olar. Zamanla yaddaşı və tarixi təsiri olan strukturları nəzərə alaraq işləyən kəsr operatorları həm klassik bərabərsizliklərin əhatə dairəsini genişləndirmiş, həm də yeni bərabərsizlik növlərinin yaranmasına yol açmışdır.

Xüsusilə, Riemann-Liouville, Caputo və Atangana-Baleanu kimi fraksiya integral və törəmə tərifləri qabarıq, s-qabarıq, log-qabarıq və harmonik qabarıq kimi müxtəlif funksiya siniflərində yeni bərabərsizliklərin sübutunu mümkün etmişdir. Bu kontekstdə Hermit-Hadamard, Ostrowski, Jensen, Hölder və Minkowski kimi klassik bərabərsizliklərin fraksiya törəmə versiyaları işlənilib hazırlanmışdır ki, bu da həm nəzəri müxtəlifliyi, həm də tətbiq çevikliyini təmin edir.

Kəsr analizi nəticəsində əldə edilən bərabərsizliklər təkcə riyazi gözəllik baxımından gözəl deyil, həm də mühəndislik, fiziki modelləşdirmə, maliyyə və biotibbi tətbiqlərdə sistemlərin daha dəqiq və real təhlilini aparmağa imkan verir. Bu kontekstdə fraksiya analizi təkcə bərabərsizlik nəzəriyyəsinin genişlənməsinə deyil, həm də onun fənlərarası integrasiyasına mühüm töhfələr verir. Bu işdə Modifikasiya olunmuş Atangana-Baleanu kəsr integrallarının köməyi ilə yeni integral bərabərlik təqdim edilmiş və bu bərabərliyin köməyi ilə η -qabarıq funksiyalar sinfi üçün bəzi yeni və ümumi integral bərabərsizliklər isbat edilmişdir.

Açar sözlər: η -qabarıq funksiya, Hölder bərabərsizliyi, orta güc bərabərsizliyi, Young bərabərsizliyi, dəyişdirilmiş Atangana-Baleanu (AB) kəsr integral operatorları.

GİRİŞ (Introduction)

Fractional integral inequalities are the generalizations of integral inequalities in classical analysis with fractional derivatives and integral operators. Such inequalities are particularly effective in modeling systems where variables are dependent on the past, i.e., systems with memory effects. Fundamentally, fractional integral inequalities emerge by reconsidering classical Hölder, Minkowski and Grönwall type inequalities within the framework of fractional analysis.

Fractional integrals are usually expressed with Riemann–Liouville or Caputo definitions. Inequalities derived with the help of these definitions contribute to issues such as existence, continuity and stability of solutions of differential equations. In particular, the use of constant and variable order fractional derivatives is important for modeling processes such as anomalous diffusion in physics, biology and engineering.

In this context, convex functions are of particular importance. Because many integral inequalities are strengthened or generalized thanks to the convexity property. As you may recall, the convexity of a function means that every chord drawn in the range of its definition lies above the graph of the function.

Hadamard type inequalities, Jensen inequality and their fractional equivalents are obtained with the help of convex functions. For example, Hadamard inequality states that the definite integral of a convex function is greater than the average value at its extreme values. When applied to fractional integrals, these inequalities provide very powerful tools for predicting the long-term behavior of systems.

As a result, when convex functions and fractional integral inequalities are considered together, they provide a powerful analysis framework with wide areas of use in both theoretical and applied mathematics. The inequalities developed in this context are the basic building blocks, especially in studies on the solutions of differential and integral equations.

MATERIAL VƏ METODLAR (Methods)

Definition 1.1 [2] The function $\aleph : [r, s] \rightarrow \mathbf{R}$ is said to be η -convex (or convex with respect to η) if the inequality

$$\aleph(\rho u + (1 - \rho)v) \leq \aleph(v) + \rho\eta(\aleph(u), \aleph(v))$$

holds for all $u, v \in [r, s]$, $\rho \in [0, 1]$, and η is defined by $\eta : \aleph([r, s]) \times \aleph([r, s]) \rightarrow \mathbf{R}$.

In the above definition if we set $\eta(u, v) = u - v$, then we can directly obtain the classical definition of a convex function. To see more results and details on η -convex functions see [1, 3, 4].

Definition 1.2 [7, 6] The AB-fractional integral operator for $\aleph \in L^1[r, T]$ and $0 < \rho < 1$ is defined by

$${}^{AB}_r I_\xi^\rho \aleph(\xi) = \frac{1 - \rho}{M(\rho)} \aleph(\xi) + \frac{\rho}{M(\rho)\Gamma(\rho)} \int_r^\xi (\xi - \eta)^{\rho-1} \aleph(\eta) d\eta.$$

Definition 1.3 [5] The modified left-sided fractional integral operator for $\aleph \in L^1[r, T]$ and $0 < \rho < 1$ with respect to Ψ is defined by

$${}_{r-}^{MAB} I_{\Psi(\xi)}^{\rho} \aleph(\xi) = \frac{1-\rho}{M(\rho)} \aleph(\xi) + \frac{\rho}{M(\rho)\Gamma(\rho)} \int_r^{\xi} (\Psi(\xi) - \Psi(\eta))^{\rho-1} \Psi'(\eta) \aleph(\eta) d\eta.$$

Definition 1.4 [5] The modified right-sided fractional integral operator for $\aleph \in L^1[r, s]$ and $0 < \rho < 1$ with respect to Ψ is defined by

$${}_{s-}^{MAB} I_{\Psi(\xi)}^{\rho} \aleph(\xi) = \frac{1-\rho}{M(\rho)} \aleph(\xi) + \frac{\rho}{M(\rho)\Gamma(\rho)} \int_{\xi}^s (\Psi(\eta) - \Psi(\xi))^{\rho-1} \Psi'(\eta) \aleph(\eta) d\eta.$$

Remark 1.1 If we consider $\Psi(\xi) = \xi$ in Definition 1.3, then we get the AB-operator defined in Definition 1.2.

ÖLDÖ ÖLUNAN NÖTİCÖLÖR (Results)

We will start with a new integral identity that will be used in the proofs of our main findings as follows:

Lemma 2.1 Let $g : [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ be a strictly increasing and positive function with a continuous derivative on (a, b) and let $f : [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ be a differentiable function on (a, b) . If $f' \in L_1[a, b]$ with $a < b$, then we have the following identity for modified Atangana-Baleanu fractional integral operators

$$\begin{aligned} & \left[{}_{g^{-1}(a)}^{MAB} I_k^{\alpha} (f \circ g)(g^{-1}(k)) + {}_{g^{-1}(b)}^{MAB} I_k^{\alpha} (f \circ g)(g^{-1}(k)) \right] - \frac{(k-a)^{\alpha} f(a) + (b-k)^{\alpha} f(b)}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \\ & - \frac{2(1-\alpha)(f \circ g)(g^{-1}(k))}{B(\alpha)} \\ & = \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 (1-t)^{\alpha} f'(tk + (1-t)a) dt - \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 t^{\alpha} f'(tb + (1-t)k) dt \end{aligned}$$

where $\alpha \in (0, 1]$, $k \in [a, b]$, $t \in [0, 1]$, $\Gamma(\cdot)$ is Gamma function and $B(\alpha) > 0$ is normalization function.

Proof. By using integration, we have

$$\begin{aligned} & \int_0^1 (1-t)^{\alpha} f'(tk + (1-t)a) dt \\ & = \frac{(1-t)^{\alpha} f(tk + (1-t)a)}{k-a} \Big|_0^1 + \alpha \int_0^1 \frac{(1-t)^{\alpha-1} f(tk + (1-t)a)}{k-a} dt \\ & = \frac{-f(a)}{k-a} + \alpha \int_0^1 \frac{(1-t)^{\alpha-1} f(tk + (1-t)a) dt}{k-a} \\ & = \frac{-f(a)}{k-a} + \alpha \int_{g^{-1}(a)}^{g^{-1}(k)} \frac{\left(\frac{k-g(y)}{k-a} \right)^{\alpha-1} f(g(y))}{k-a} \frac{g'(y)}{k-a} dy \\ & = \frac{-f(a)}{k-a} + \frac{\alpha}{(k-a)^{\alpha+1}} \int_{g^{-1}(a)}^{g^{-1}(k)} (k-g(y))^{\alpha-1} g'(y) f(g(y)) dy \\ & = \frac{-f(a)}{k-a} + \frac{\alpha}{(k-a)^{\alpha+1}} \int_{g^{-1}(a)}^{g^{-1}(k)} (g(g^{-1}(k)) - g(y))^{\alpha-1} g'(y) (f \circ g)(y) dy. \end{aligned} \tag{2.1}$$

If we multiply both sides of (2.1) by $\frac{1}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)}$, we get

$$\begin{aligned}
& \frac{1}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 (1-t)^\alpha f'(tk + (1-t)a) dt \\
&= \frac{-f(a)}{(k-a)B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \\
& \quad + \frac{\alpha}{(k-a)^{\alpha+1} B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_{g^{-1}(a)}^{g^{-1}(k)} (g(g^{-1}(k)) - g(y))^{\alpha-1} g'(y)(f \circ g)(y) dy.
\end{aligned}$$

Then, we can write

$$\begin{aligned}
& \frac{1}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 (1-t)^\alpha f'(tk + (1-t)a) dt \\
&= \frac{-f(a)}{(k-a)B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \\
& \quad + \frac{1}{(k-a)^{\alpha+1}} \left[\frac{\alpha}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_{g^{-1}(a)}^{g^{-1}(k)} (g(g^{-1}(k)) - g(y))^{\alpha-1} g'(y)(f \circ g)(y) dy \right. \\
& \quad \left. + \frac{1-\alpha}{B(\alpha)} (f \circ g)(g^{-1}(k)) \right] - \frac{1-\alpha}{B(\alpha)(k-a)^{\alpha+1}} (f \circ g)(g^{-1}(k)).
\end{aligned}$$

Using left side of modified Atangana-Baleanu fractional integral operator, we have

$$\begin{aligned}
& \frac{1}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 (1-t)^\alpha f'(tk + (1-t)a) dt \\
&= \frac{-f(a)}{(k-a)B(\alpha)\Gamma(\alpha)} + \frac{1}{(k-a)^{\alpha+1}} \left[{}^{MAB}_{g^{-1}(a)} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) \right] \\
& \quad - \frac{1-\alpha}{B(\alpha)(k-a)^{\alpha+1}} (f \circ g)(g^{-1}(k)).
\end{aligned}$$

Then, we can write

$$\begin{aligned}
& \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 (1-t)^\alpha f'(tk + (1-t)a) dt \\
&= \frac{-(k-a)^\alpha f(a)}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} + \left[{}^{MAB}_{g^{-1}(a)} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) \right] - \frac{1-\alpha}{B(\alpha)} (f \circ g)(g^{-1}(k)). \tag{2.2}
\end{aligned}$$

Similarly, using integration, we get

$$\begin{aligned}
& \int_0^1 t^\alpha f'(tb + (1-t)k) dt \\
&= \frac{t^\alpha f(tb + (1-t)k)}{b-k} \Big|_0^1 - \alpha \int_0^1 \frac{t^{\alpha-1} f(tb + (1-t)k)}{b-k} dt \\
&= \frac{f(b)}{b-k} - \alpha \int_0^1 \frac{t^{\alpha-1} f(tb + (1-t)k)}{b-k} dt \\
&= \frac{f(b)}{b-k} - \alpha \int_{g^{-1}(k)}^{g^{-1}(b)} \frac{\left(\frac{g(y)-k}{b-k} \right)^{\alpha-1} f(g(y))}{b-k} \frac{g'(y)}{b-k} dy \\
&= \frac{f(b)}{b-k} - \frac{\alpha}{(b-k)^{\alpha+1}} \int_{g^{-1}(k)}^{g^{-1}(b)} (g(y)-k)^{\alpha-1} g'(y) f(g(y)) dy
\end{aligned}$$

$$= \frac{f(b)}{b-k} - \frac{\alpha}{(b-k)^{\alpha+1}} \int_{g^{-1}(k)}^{g^{-1}(b)} (g(y) - g(g^{-1}(k)))^{\alpha-1} g'(y) (f \circ g)(y) dy. \quad (2.3)$$

If we multiply both sides of (2.3) by $\frac{1}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)}$, we have

$$\begin{aligned} & \frac{1}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 t^\alpha f'(tb + (1-t)k) dt \\ &= \frac{f(b)}{(b-k)B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \\ & \quad - \frac{\alpha}{(b-k)^{\alpha+1}B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_{g^{-1}(k)}^{g^{-1}(b)} (g(y) - g(g^{-1}(k)))^{\alpha-1} g'(y) (f \circ g)(y) dy. \end{aligned}$$

Then, we can write

$$\begin{aligned} & \frac{1}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 t^\alpha f'(tb + (1-t)k) dt \\ &= \frac{f(b)}{(b-k)B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \\ & \quad - \frac{1}{(b-k)^{\alpha+1}} \left[\frac{\alpha}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_{g^{-1}(k)}^{g^{-1}(b)} (g(y) - g(g^{-1}(k)))^{\alpha-1} g'(y) (f \circ g)(y) dy \right. \\ & \quad \left. + \frac{1-\alpha}{B(\alpha)} (f \circ g)(g^{-1}(k)) \right] + \frac{1-\alpha}{B(\alpha)(b-k)^{\alpha+1}} (f \circ g)(g^{-1}(k)). \end{aligned}$$

Using right side of modified Atangana-Baleanu fractional integral operator, we have

$$\begin{aligned} & \frac{1}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 t^\alpha f'(tb + (1-t)k) dt \\ &= \frac{f(b)}{(b-k)B(\alpha)\Gamma(\alpha)} - \frac{1}{(b-k)^{\alpha+1}} \left[{}^{MAB}_{g^{-1}(b)} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) \right] \\ & \quad + \frac{1-\alpha}{B(\alpha)(b-k)^{\alpha+1}} (f \circ g)(g^{-1}(k)). \end{aligned}$$

Then, we can write

$$\begin{aligned} & \frac{-(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 t^\alpha f'(tb + (1-t)k) dt \\ &= \frac{-f(b)(b-k)^\alpha}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} + \left[{}^{MAB}_{g^{-1}(b)} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) \right] - \frac{1-\alpha}{B(\alpha)} (f \circ g)(g^{-1}(k)). \end{aligned} \quad (2.4)$$

By adding identities (2.2) and (2.4), we obtain desired result. So, the proof is completed.

Remark 2.1 If we consider $g(k) = k$ in Lemma 2.1, we get Lemma 2.1 in [8].

Theorem 2.1 Let $g:[a,b] \rightarrow \mathbb{R}$ be a strictly increasing and positive function with a continuous derivative on $[a,b]$ and let $f:[a,b] \rightarrow \mathbb{R}$ be a differentiable function on (a,b) . If $f' \in L_1[a,b]$ with $a < b$ and if $|f'|$ is a η -convex function, then we have the following inequality for modified Atangana-Baleanu fractional integral operators

$$\left| \begin{aligned} & {}_{g^{-1}(a)}^{MAB} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) + {}_{g^{-1}(b)}^{MAB} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) - \frac{(k-a)^\alpha f(a) + (b-k)^\alpha f(b)}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \\ & - \frac{2(1-\alpha)(f \circ g)(g^{-1}(k))}{B(\alpha)} \end{aligned} \right| \quad (2.5)$$

$$\leq \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left[\frac{|f'(a)|}{\alpha+1} + \frac{\eta(|f'(k)|, |f'(a)|)}{(\alpha+1)(\alpha+2)} \right] + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left[\frac{|f'(b)|}{\alpha+1} + \frac{\eta(|f'(b)|, |f'(k)|)}{\alpha+2} \right]$$

where $k \in [a, b]$, $\alpha \in (0, 1]$, $\Gamma(\cdot)$ is Gamma function and $B(\alpha) > 0$ is the normalization function.

Proof. By using the identity given in Lemma 2.1 and property of absolute value, we can write

$$\begin{aligned} & \left| {}_{g^{-1}(a)}^{MAB} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) + {}_{g^{-1}(b)}^{MAB} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) - \frac{(k-a)^\alpha f(a) + (b-k)^\alpha f(b)}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \right. \\ & \quad \left. - \frac{2(1-\alpha)(f \circ g)(g^{-1}(k))}{B(\alpha)} \right| \\ &= \left| \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 (1-t)^\alpha f'(tk + (1-t)a) dt - \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 t^\alpha f'(tb + (1-t)k) dt \right| \\ &\leq \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 (1-t)^\alpha |f'(tk + (1-t)a)| dt + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 t^\alpha |f'(tb + (1-t)k)| dt. \end{aligned}$$

By using the η -convexity of $|f'|$ and computing integrals, we have

$$\begin{aligned} & \left| {}_{g^{-1}(a)}^{MAB} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) + {}_{g^{-1}(b)}^{MAB} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) - \frac{(k-a)^\alpha f(a) + (b-k)^\alpha f(b)}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \right. \\ & \quad \left. - \frac{2(1-\alpha)(f \circ g)(g^{-1}(k))}{B(\alpha)} \right| \\ &\leq \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 (1-t)^\alpha \left[|f'(a)| + t\eta(|f'(k)|, |f'(a)|) \right] dt \\ &\quad + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 t^\alpha \left[|f'(b)| + t\eta(|f'(b)|, |f'(k)|) \right] dt \\ &= \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left[\frac{|f'(a)|}{\alpha+1} + \frac{\eta(|f'(k)|, |f'(a)|)}{(\alpha+1)(\alpha+2)} \right] + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left[\frac{|f'(b)|}{\alpha+1} + \frac{\eta(|f'(b)|, |f'(k)|)}{\alpha+2} \right]. \end{aligned}$$

The proof is completed.

Remark 2.2 If we take $g(k) = k$ and $\eta(f(x), f(y)) = f(x) - f(y)$ in Theorem 2.1, we get Theorem 2.2 in [8].

Theorem 2.2 Let $g: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ be a strictly increasing and positive function with a continuous derivative on $[a, b]$ and let $f: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ be a differentiable function on (a, b) . If $f' \in L_1[a, b]$ with $a < b$ and if $|f'|^q$ is a η -convex function, then we have the following inequality for modified Atangana-Baleanu fractional integral operators

$$\left| {}_{g^{-1}(a)}^{MAB} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) + {}_{g^{-1}(b)}^{MAB} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) - \frac{(k-a)^\alpha f(a) + (b-k)^\alpha f(b)}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \right|$$

$$\begin{aligned}
& \left| -\frac{2(1-\alpha)(f \circ g)(g^{-1}(k))}{B(\alpha)} \right| \\
& \leq \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left(\frac{1}{\alpha p+1} \right)^{\frac{1}{p}} \left(|f'(a)|^q + \frac{\eta(|f'(k)|^q, |f'(a)|^q)}{2} \right)^{\frac{1}{q}} \\
& \quad + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left(\frac{1}{\alpha p+1} \right)^{\frac{1}{p}} \left(|f'(k)|^q + \frac{\eta(|f'(b)|^q, |f'(k)|^q)}{2} \right)^{\frac{1}{q}}
\end{aligned}$$

where $p^{-1} + q^{-1} = 1$, $q > 1$, $k \in [a, b]$, $\alpha \in (0, 1]$, $\Gamma(\cdot)$ is Gamma function and $B(\alpha) > 0$ is the normalization function.

Proof. By using Lemma 2.1 and property of absolute value, we can write

$$\begin{aligned}
& \left| \frac{{}^{MAB}_{g^{-1}(a)} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) + {}^{MAB}_{g^{-1}(b)} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) - \frac{(k-a)^\alpha f(a) + (b-k)^\alpha f(b)}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)}}{B(\alpha)} \right| \\
& \leq \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 (1-t)^\alpha |f'(tk + (1-t)a)| dt + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 t^\alpha |f'(tb + (1-t)k)| dt.
\end{aligned}$$

By applying Hölder inequality, using η -convexity of $|f'|^q$ and calculating the integrals, we get

$$\begin{aligned}
& \left| \frac{{}^{MAB}_{g^{-1}(a)} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) + {}^{MAB}_{g^{-1}(b)} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) - \frac{(k-a)^\alpha f(a) + (b-k)^\alpha f(b)}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)}}{B(\alpha)} \right| \\
& \leq \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left[\left(\int_0^1 (1-t)^{\alpha p} dt \right)^{\frac{1}{p}} \left(\int_0^1 |f'(tk + (1-t)a)|^q dt \right)^{\frac{1}{q}} \right] \\
& \quad + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left[\left(\int_0^1 t^{\alpha p} dt \right)^{\frac{1}{p}} \left(\int_0^1 |f'(tb + (1-t)k)|^q dt \right)^{\frac{1}{q}} \right] \\
& \leq \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left[\left(\int_0^1 (1-t)^{\alpha p} dt \right)^{\frac{1}{p}} \left(\int_0^1 |f'(a)|^q + t\eta(|f'(k)|^q, |f'(a)|^q) dt \right)^{\frac{1}{q}} \right] \\
& \quad + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left[\left(\int_0^1 t^{\alpha p} dt \right)^{\frac{1}{p}} \left(\int_0^1 |f'(k)|^q + t\eta(|f'(b)|^q, |f'(k)|^q) dt \right)^{\frac{1}{q}} \right] \\
& = \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left(\frac{1}{\alpha p+1} \right)^{\frac{1}{p}} \left(|f'(a)|^q + \frac{\eta(|f'(k)|^q, |f'(a)|^q)}{2} \right)^{\frac{1}{q}} \\
& \quad + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left(\frac{1}{\alpha p+1} \right)^{\frac{1}{p}} \left(|f'(k)|^q + \frac{\eta(|f'(b)|^q, |f'(k)|^q)}{2} \right)^{\frac{1}{q}}
\end{aligned}$$

So, the proof is completed.

Remark 2.3 If we take $g(k) = k$ and $\eta(f(x), f(y)) = f(x) - f(y)$ in Theorem 2.2, we get Theorem 2.5 in [8].

Theorem 2.3 Let $g:[a,b] \rightarrow \mathbb{R}$ be a strictly increasing and positive function with a continuous derivative on $[a,b]$ and let $f:[a,b] \rightarrow \mathbb{R}$ be a differentiable function on (a,b) . If $f' \in L_1[a,b]$ with $a < b$ and if $|f'|^q$ is a η -convex function, then we have the following inequality for modified Atangana-Baleanu fractional integral operators

$$\begin{aligned} & \left| \frac{{}^{MAB}_{g^{-1}(a)} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) + {}^{MAB}_{g^{-1}(b)} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) - \frac{(k-a)^\alpha f(a) + (b-k)^\alpha f(b)}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)}}{2(1-\alpha)(f \circ g)(g^{-1}(k))} \right| \\ & \leq \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left(\frac{1}{p(\alpha p + 1)} + \frac{2|f'(a)|^q + \eta(|f'(k)|, |f'(a)|^q)}{2q} \right) \\ & \quad + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left(\frac{1}{p(\alpha p + 1)} + \frac{2|f'(k)|^q + \eta(|f'(b)|^q, |f'(k)|^q)}{2q} \right) \end{aligned}$$

where $p^{-1} + q^{-1} = 1$, $k \in [a,b]$, $\alpha \in (0,1]$, $q > 1$, $\Gamma(\cdot)$ is Gamma function and $B(\alpha) > 0$ is the normalization function.

Proof. By using Lemma 2.1, applying Young inequality and using η -convexity of $|f'|^q$, we obtain

$$\begin{aligned} & \left| \frac{{}^{MAB}_{g^{-1}(a)} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) + {}^{MAB}_{g^{-1}(b)} I_k^\alpha (f \circ g)(g^{-1}(k)) - \frac{(k-a)^\alpha f(a) + (b-k)^\alpha f(b)}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)}}{2(1-\alpha)(f \circ g)(g^{-1}(k))} \right| \\ & \leq \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 (1-t)^\alpha |f'(tk + (1-t)a)| dt + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 t^\alpha |f'(bk + (1-t)k)| dt \\ & \leq \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left[\frac{1}{p} \int_0^1 (1-t)^{\alpha p} dt + \frac{1}{q} \int_0^1 |f'(tk + (1-t)a)|^q dt \right] \\ & \quad + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left[\frac{1}{p} \int_0^1 t^{\alpha p} dt + \frac{1}{q} \int_0^1 |f'(bk + (1-t)k)|^q dt \right] \\ & \leq \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left[\frac{1}{p} \int_0^1 (1-t)^{\alpha p} dt + \frac{1}{q} \int_0^1 (|f'(a)|^q + t\eta(|f'(k)|^q, |f'(a)|^q)) dt \right] \\ & \quad + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left[\frac{1}{p} \int_0^1 t^{\alpha p} dt + \frac{1}{q} \int_0^1 (|f'(k)|^q + t\eta(|f'(b)|^q, |f'(k)|^q)) dt \right]. \end{aligned}$$

By calculating the integrals, we have desired result.

Remark 2.4 If we take $g(k) = k$ and $\eta(f(x), f(y)) = f(x) - f(y)$ in Theorem 2.3, we get Theorem 2.8 in [8].

Theorem 2.4 Let $g:[a,b] \rightarrow \mathbb{R}$ be a strictly increasing and positive function with a continuous derivative on $[a,b]$ and let $f:[a,b] \rightarrow \mathbb{R}$ be a differentiable function on (a,b) . If $f' \in L_1[a,b]$ with

$a < b$ and if $|f'|^q$ is a η -convex function, then we have the following inequality for modified Atangana-Baleanu fractional integral operators

$$\begin{aligned} & \left| \frac{{}^{MAB}_{g^{-1}(a)} I^\alpha_k (f \circ g)(g^{-1}(k)) + {}^{MAB}_{g^{-1}(b)} I^\alpha_k (f \circ g)(g^{-1}(k)) - \frac{(k-a)^\alpha f(a) + (b-k)^\alpha f(b)}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)}}{2(1-\alpha)(f \circ g)(g^{-1}(k))} \right| \\ & \leq \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left(\frac{1}{\alpha+1} \right)^{1-\frac{1}{q}} \left(\frac{|f'(a)|^q}{\alpha+1} + \frac{\eta(|f'(k)|^q, |f'(a)|^q)}{(\alpha+1)(\alpha+2)} \right)^{\frac{1}{q}} \\ & \quad + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left(\frac{1}{\alpha+1} \right)^{1-\frac{1}{q}} \left(\frac{|f'(k)|^q}{\alpha+1} + \frac{\eta(|f'(b)|^q, |f'(k)|^q)}{\alpha+2} \right)^{\frac{1}{q}} \end{aligned}$$

where $k \in [a, b]$, $\alpha \in (0, 1]$, $q \geq 1$, $\Gamma(\cdot)$ is Gamma function and $B(\alpha) > 0$ is the normalization function.

Proof. By using Lemma 2.1, applying power mean inequality and using η -convexity of $|f'|^q$, we obtain

$$\begin{aligned} & \left| \frac{{}^{MAB}_{g^{-1}(a)} I^\alpha_k (f \circ g)(g^{-1}(k)) + {}^{MAB}_{g^{-1}(b)} I^\alpha_k (f \circ g)(g^{-1}(k)) - \frac{(k-a)^\alpha f(a) + (b-k)^\alpha f(b)}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)}}{2(1-\alpha)(f \circ g)(g^{-1}(k))} \right| \\ & \leq \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 (1-t)^\alpha |f'(tk + (1-t)a)| dt + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^1 t^\alpha |f'(bk + (1-t)k)| dt \\ & \leq \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left[\left(\int_0^1 (1-t)^\alpha dt \right)^{1-\frac{1}{q}} \left(\int_0^1 (1-t)^\alpha |f'(tk + (1-t)a)|^q dt \right)^{\frac{1}{q}} \right] \\ & \quad + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left[\left(\int_0^1 t^\alpha dt \right)^{1-\frac{1}{q}} \left(\int_0^1 t^\alpha |f'(bk + (1-t)k)|^q dt \right)^{\frac{1}{q}} \right] \\ & \leq \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left[\left(\int_0^1 (1-t)^\alpha dt \right)^{1-\frac{1}{q}} \left(\int_0^1 (1-t)^\alpha [|f'(a)|^q + t\eta(|f'(k)|^q, |f'(a)|^q)] dt \right)^{\frac{1}{q}} \right] \\ & \quad + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left[\left(\int_0^1 t^\alpha dt \right)^{1-\frac{1}{q}} \left(\int_0^1 t^\alpha [|f'(k)|^q + t\eta(|f'(b)|^q, |f'(k)|^q)] dt \right)^{\frac{1}{q}} \right] \\ & = \frac{(k-a)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left(\frac{1}{\alpha+1} \right)^{1-\frac{1}{q}} \left(\frac{|f'(a)|^q}{\alpha+1} + \frac{\eta(|f'(k)|^q, |f'(a)|^q)}{(\alpha+1)(\alpha+2)} \right)^{\frac{1}{q}} \\ & \quad + \frac{(b-k)^{\alpha+1}}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \left(\frac{1}{\alpha+1} \right)^{1-\frac{1}{q}} \left(\frac{|f'(k)|^q}{\alpha+1} + \frac{\eta(|f'(b)|^q, |f'(k)|^q)}{\alpha+2} \right)^{\frac{1}{q}}. \end{aligned}$$

So, the proof is completed.

Remark 2.5 If we take $g(k) = k$ and $\eta(f(x), f(y)) = f(x) - f(y)$ in Theorem 2.4, we get Theorem 2.10 in [8].

MÜZAKİRƏ (Discussion)

In this paper, a new integral identity is proved by using Modified Atangana-Baleanu fractional integral operators and new integral inequalities are obtained for η – convex functions based on this equality. The proved inequalities are remarkable both in terms of the properties of the function class and the parameters of the operator used. Researchers interested in the subject can obtain similar results for different types of convex function classes and focus on new integral identities.

ƏDƏBİYYAT

- [1] M.R. Delavar, S.S. Dragomir, *On η -convexity*, Mathematical Inequalities and Applications, 20(1) (2017), 203–216.
- [2] M.E. Gordji, M.R. Delavar, S.S. Dragomir, *Some inequality related to η -convex function*, RGMIA 18 (2015), Art. 8., 1–14.
- [3] M.E. Gordji, S.S. Dragomir, M.R. Delavar, *An inequality related to η -convex functions (II)*, Int. J. Nonlinear Anal. Appl., 6(2) (2015), 27–33.
- [4] M.E. Gordji, M.R. Delavar, M. De La Sen, *On φ -convex functions*, Journal of Mathematical Inequalities, 10(1) (2016), 173–183.
- [5] W.-H. Huang, M. Samraiz, A. Mehmood, D. Baleanu, G. Rahman, S. Naheed, *Modified Atangana-Baleanu fractional operators involving generalized Mittag-Leffler function*, Alex. Eng. J. 75 (2023) 639–648, <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.05.037>.
- [6] Z. Jianke, W. Gaofeng, Z. Xiaobin, Z. Chang, *Generalized Euler-Lagrange equations for fuzzy fractional variational problems under gH -Atangana-Baleanu differentiability*, Hindawi 2018, J. Funct. Spaces, (2018) 2740678, <https://doi.org/10.1155/2018/2740678>.
- [7] D. Kumar, J. Singh, D. Baleanu, *Analysis of regularized long-wave equation associated with a new fractional operator with Mittag-Leffler type kernel*, Phys. A, Stat. Mech. Appl., 492 (2018) 155–167.
- [8] E. Set, A. O. Akdemir, M. E. Özdemir, A. Karaoğlu, M. A. Dokuyucu, *New integral inequalities for Atangana-Baleanu fractional integral operators and various comparisons via simulations*, Filomat, 37(7) (2023), 2251–2267.

ABSTRACT

NEW INTEGRAL INEQUALITIES FOR η -CONVEX FUNCTIONS VIA MODIFIED ATANGANA-BALEANU FRACTIONAL INTEGRALS

Fractional analysis has brought new perspectives to many areas such as functional analysis and differential equations by generalizing the classical concepts of derivative and integral to non-integer orders. An important reflection of these developments can be observed in the theory of inequalities. Fractional operators that work by taking into account structures with memory and historical effects over time have both expanded the scope of classical inequalities and paved the way for the emergence of new types of inequalities.

In particular, fractional integral and derivative definitions such as Riemann-Liouville, Caputo and Atangana-Baleanu have enabled the proof of new inequalities on various function classes such as convex, s-convex, log-convex and harmonic convex. In this context, fractional derivative versions of classical inequalities such as Hermite-Hadamard, Ostrowski, Jensen, Hölder and Minkowski have been developed, thus providing both theoretical diversity and application flexibility.

The inequalities obtained through fractional analysis are not only beautiful in terms of mathematical beauty, but also allow for more precise and realistic analysis of systems in engineering, physical modeling, finance and biomedical applications. In this context, fractional analysis makes significant contributions not only to the expansion of inequality theory but also to its interdisciplinary integration. In this study, a new integral identity is presented with the help of Modified Atangana-Baleanu fractional integrals and some new and general integral inequalities are proved for the class of η -convex functions with the help of this identity.

Key words: η -convex function, Hölder inequality, power mean inequality, Young inequality, modified Atangana-Baleanu (AB) fractional integral operators.

PSYCHOLOGICAL AND PHILOSOPHICAL-METHODOLOGICAL ASPECTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17204002>

Ayyat ABDULLAYEV

Azerbaijan University of Architecture and Construction, Baku, Azerbaijan <https://orcid.org/0000-0002-3335-9170>, ayyat.abdullayev@azmiu.edu.az

XÜLASƏ

Məqalə süni intellektin (AI) psixologiya, fəlsəfə və sosial elmlərə təsirini nəzərə alaraq onun psixoloji və fəlsəfi-metodoloji aspektlərinin təhlilinə həsr edilmişdir. Məqalədə AI-nin insan şüurunda qəvrənilməsi ilə bağlı əsas yanaşmalar və nəzəriyyələr, eləcə də AI-nin həyatın müxtəlif sahələrinə tətbiqi zamanı yaranan mümkün mənəvi və etik dilemmalar araşdırılır. AI-nin öyrənilməsinə metodoloji yanaşmalar, o cümlədən koqnitiv elm, nevrologiya və ağıl fəlsəfəsinin xüsusiyyətləri də nəzərdən keçirilir. Məqalədə süni intellektin psixologiyada istifadəsinə dair nümunələr verilir və süni intellektin potensial gələcəyi və onun insanlarla qarşılıqlı əlaqəsi müzakirə olunur.

Açar sözlər: süni intellekt, psixologiya, ağıl fəlsəfəsi, süni intellekt etikası, koqnitiv elm, nevrologiya, texnologiya fəlsəfəsi, AI-nin mənəvi aspektləri, AI-nin gələcəyi.

Introduction

Artificial intelligence (AI) is one of the most revolutionary technologies of our time, which has an impact on all areas of human activity. Today, AI is actively used in medicine, education, industry and other fields. However, in addition to its practical application, AI raises many philosophical and psychological questions. (Chandra, M., Naik, S., Ford, D., 2024) The science of artificial intelligence affects not only technological aspects, but also moral, ethical, and cognitive issues related to human-machine interaction. In this article, we will focus on the analysis of the psychological and philosophical-methodological aspects of AI.

Psychological aspects of artificial intelligence

From a psychological point of view, AI is an interesting object of research, since it reflects many processes occurring in the human brain. The use of AI in psychology opens up new opportunities for the study of cognitive processes, as well as for the development of new methods of treatment and diagnostics. (Cappelen, H., & Dever, J. 2024)

One important aspect is the perception of AI by people. Research shows that people tend to attribute human qualities to machines, especially if the AI is capable of dialogue or expressing emotions. This phenomenon is called “anthropomorphism” — when people attribute human characteristics to non-human objects. In this context, the question becomes relevant: to what extent can AI be perceived as a “partner” in psychological interaction? Emotional attachment to AI, as “friends” or “helpers”, raises questions not only about trust, but also about how this can affect the human psyche. (Velthoven, M., & Marcus, E. 2024).

The use of AI in psychology is already finding applications in the field of diagnostics, for example, in recognizing emotions from facial expressions, as well as in therapy using virtual assistants that support psychotherapeutic conversations. However, it is important to consider that AI does not have real empathy, but only imitates behavior, which can lead to superficial and potentially erroneous judgments about the patient's condition.

Philosophical Aspects of AI

Philosophy of mind has always been at the center of discussions on issues related to artificial intelligence. One of the most controversial issues is the problem of consciousness and the possibility of its emergence in machines. Some philosophers argue that if AI can imitate human behavior, it can also develop consciousness, while others believe that even the most advanced machines cannot be “aware” of their existence and do not have true consciousness.

A related issue is the moral responsibility of AI. (Gurov, D.I., Leonov, D.E., & Kirillov, G.M. 2024) Who is responsible for the actions of artificial intelligence if it makes decisions that affect people? For example, if AI makes an error in medical diagnosis or in justice, who will be responsible for this: the developer, the owner of the system, or the system itself?

These philosophical questions lead to consideration of the ethical standards that should be implemented in AI. Given that AI can make decisions that affect people's lives, there is a need to develop universal standards governing the ethical use of AI. (Markov, S.S. 2024)

Methodological approaches to studying AI

The methodology of studying AI is a set of approaches using various scientific disciplines. The study of AI requires an interdisciplinary approach, where cognitive sciences, neuroscience and philosophy of mind play an important role.

Cognitive sciences consider AI as a model of the human mind. (UNESCO. 2024). In recent decades, neuroscience and AI have begun to integrate their approaches, which has made it possible to create neural networks that imitate the brain. Modern artificial intelligence methods, such as deep learning, are based on neurobiological models, which opens up new horizons in understanding the human mind.

On the other hand, AI methodology also faces the problem of "black boxes" - situations where even developers cannot accurately explain how decisions are made by artificial intelligence. This raises concerns about the safety and control of AI. In this regard, AI methodology should take into account not only the capabilities of machines, but also the potential risks associated with their uncertainty. (Neznamov, A.V. 2024).

Ethical and Moral Aspects of AI

The ethics of artificial intelligence covers a wide range of issues related to rights, responsibility, and morality. Questions such as: “What should we do if AI makes wrong decisions?” or “How can we avoid bias in AI algorithms?” are becoming increasingly relevant as the technology develops.

It is also important to note that as AI capabilities grow, there is a need to create ethical norms for its use. (Ignatova, N.Yu., Dunkyov, A.I., & Ryazanov, D.A. 2024) For example, how can we embed moral principles into AI algorithms that will help it make the “right” decisions?

However, creating such “ethical AI” is difficult, since there are many different ethical theories, and there is no universal approach to defining moral norms.

The Future of Artificial Intelligence

The future of artificial intelligence lies not only in improving existing technologies, but also in creating systems that can not only imitate, but also develop their own cognitive abilities. This opens up new opportunities, but also new challenges. In the future, AI may be able to not only work with data, but also analyze complex social, ethical, and psychological problems.

However, such technologies must be developed within strict ethical and legal frameworks to ensure the safety and well-being of people. One of the challenges will be balancing innovation with the risks associated with the possibility of creating super-advanced AI systems. (Kissinger, H., Schmidt, E., & Hattenlocher, D. 2024).

Artificial intelligence continues to have a huge impact on various areas of life. The psychological and philosophical aspects of AI play a key role in understanding how this technology can interact with people. Questions about the consciousness, morality, and responsibility of AI require careful study and the development of appropriate ethical standards. It is important that the future development of AI is matched by responsibility for the consequences of its implementation and use.

REFERENCES

1. Cappelen, H., & Dever, J. (2024). Making AI intelligible: Philosophical foundations.
2. Chandra, M., Naik, S., Ford, D., Okoli, E., De Choudhury, M., Ershadi, M., Ramos, G., Hernandez, J., Bhattacharjee, A., Warreth, S., & Suh, J. (2024). From lived experience to insight: Unpacking the psychological risks of using AI conversational agents.
3. Gurov, D.I., Leonov, D.E., & Kirillov, G.M. (2024). The impact of artificial intelligence on modern students: Analysis, ethical and philosophical aspects. *Science Herald*, 12(81), 1320–1331.
4. Ignatova, N.Yu., Dunkyov, A.I., & Ryazanov, D.A. (2024). Problems of artificial intelligence risks.
5. Kissinger, H., Schmidt, E., & Hattenlocher, D. (2024). *Artificial intelligence and the new era of humanity*.
6. Markov, S.S. (2024). Hunting for electric sheep. *The Big Book of Artificial Intelligence*. In 2 volumes.
7. Neznamov, A.V. (Ed.). (2024). *White paper on ethics in artificial intelligence*. Nova Creative Group.
8. UNESCO. (2024). Ethical aspects of artificial intelligence.
9. Velthoven, M., & Marcus, E. (2024). Problems in AI, their roots in philosophy, and implications for science and society.

АБСТРАКТ

Айят АБДУЛЛАЕВ

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Статья посвящена анализу психологических и философско-методологических аспектов искусственного интеллекта (ИИ), рассматривая его влияние на психологию, философию и социальные науки. В статье исследуются основные подходы и теории, связанные с восприятием ИИ в человеческом сознании, а также возможные моральные и этические дилеммы, возникающие при внедрении ИИ в различные сферы жизни. Также рассматриваются методологические подходы к изучению ИИ, включая особенности когнитивных наук, нейронауки и философии разума. В статье приводятся примеры применения ИИ в психологии, а также обсуждается потенциальное будущее искусственного интеллекта и его взаимодействие с человеком.

Ключевые слова: искусственный интеллект, психология, философия разума, этика ИИ, когнитивные науки, нейронаука, философия технологий, моральные аспекты ИИ, будущее ИИ.

ABSTRACT

Ayyat ABDULLAYEV

PSYCHOLOGICAL AND PHILOSOPHICAL-METHODOLOGICAL ASPECTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The article is devoted to the analysis of psychological and philosophical-methodological aspects of artificial intelligence (AI), considering its influence on psychology, philosophy and social sciences. The article examines the main approaches and theories related to the perception of AI in human consciousness, as well as possible moral and ethical dilemmas that arise when introducing AI into various spheres of life. It also considers methodological approaches to the study of AI, including the features of cognitive sciences, neuroscience and philosophy of mind. The article provides examples of the use of AI in psychology, and discusses the potential future of artificial intelligence and its interaction with humans.

Keywords: artificial intelligence, psychology, philosophy of mind, AI ethics, cognitive sciences, neuroscience, philosophy of technology, moral aspects of AI, the future of AI.

SÜNI İNTELLEKTİN İDARƏETMƏDƏ ROLU

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17204014>

Fakültə: Aqrar və mühəndislik fakültəsi

Müəllim: Ədalət Kərim oğlu Kərimov

Universitet: Naxçıvan Dövlət Universiteti

Tələbə: Aysel Tofiq qızı Həsənova

Süni İntellektin İdarəetmədə Rolu

XXI əsrdə texnoloji inqilabın ən mühüm göstəricilərindən biri süni intellektin (Sİ) cəmiyyətin müxtəlif sahələrinə nüfuz etməsidir. Ənənəvi olaraq insan təcrübəsi və instinktlərinə əsaslanan idarəetmə modelləri artıq yerini verilənlərə əsaslanan, analitik və obyektiv qərar mexanizmlərinə buraxır. Bu dəyişikliklərin mərkəzində süni intellekt dayanır. İndiki dövrdə süni intellekt yalnız bir texnologiya deyil, həm də idarəetmə fəlsəfəsini yenidən formalaşdıran əsas vasitədir. Bu essədə süni intellektin idarəetmədəki rolunun analitik təhlili aparılacaq, onun yaratdığı imkanlar və doğurduğu etik-hüquqi suallar ətrafında dəyərləndirmə veriləcəkdir.

İlk olaraq qeyd etmək lazımdır ki, süni intellekt idarəetmədə məlumat əsaslı qərar qəbul etmə mədəniyyəti formalaşdırır. Əgər keçmişdə menecerlər əsasən təcrübəyə, bazar intuisiya və ya emosional yanaşmalara əsaslanırdırsa, bu gün süni intellekt verilənləri analiz edərək daha obyektiv nəticələr təklif edir. Məsələn, bir şirkət bazar davranışlarını təhlil edərək satış strategiyasını optimallaşdırmaqla bilər. Bu zaman insan səhvləri minimuma enir və daha dəqiq planlamalar mümkün olur. Süni intellektin statistik modelləri və öyrənmə alqoritmləri vasitəsilə təşkilatlar yeni məhsulların bazarda uğur şansını əvvəlcədən proqnozlaşdırmaqla bilər.

İkinci vacib aspekt süni intellektin idarəetmədə avtomatlaşdırma və səmərəlilik yaratmasıdır. Ənənəvi idarəetmədə zaman və əmək çox zaman rutin tapşırıqlara sərf olunurdu. Məsələn, iş cədvəllərinin hazırlanması, hesabatların toplanması və təhlili kimi funksiyalar insan tərəfindən həyata keçirilirdi. Süni intellekt bu işləri avtomatlaşdıraraq menecerlərə daha yaradıcı və strateji məsələlərə fokuslanmaq imkanı yaradır. Bu, yalnız məhsuldarlığı artırır, eyni zamanda təşkilat daxili stressi azaldır və insan resurslarının daha effektiv istifadəsinə səbəb olur.

Üçüncü istiqamət isə süni intellektin proqnozlaşdırma və strateji planlaşdırma imkanlarıdır. Sİ yalnız mövcud vəziyyəti analiz etmir, həm də gələcəyə dair ssenarilər quraraq təşkilatlara yön verir. Məsələn, iqtisadi dəyişikliklərin şirkət büdcəsinə təsiri və ya təchizat zəncirində ola biləcək fasilələri süni intellekt alqoritmləri ilə əvvəlcədən müəyyən etmək mümkündür. Bu isə risklərin azaldılması və çevik qərarların verilməsi baxımından son dərəcə əhəmiyyətlidir. Lakin süni intellektin idarəetmədə istifadəsi yalnız imkanlarla məhdudlaşmır; etik və hüquqi məsuliyyət məsələləri də ortaya çıxır. Ən mühüm suallardan biri budur: əgər bir süni intellekt sistemi səhv qərar verərsə, bu qərarın məsuliyyəti kimə aid olacaq? Menecerəmi, proqramçıya, yoxsa heç kimə? Bundan əlavə, süni intellektin qərarlarında alqoritmik ayrı-seçkilik və ya məlumatların məxfiliyinə təhlükə ehtimalı mövcuddur. Eyni zamanda, insanların iş yerlərinin

texnologiya ilə əvəz olunması sosial və iqtisadi balanssızlıqlara gətirib çıxara bilər. Bu səbəbdən, süni intellektin idarəetmədə tətbiqi zamanı etik prinsiplər, şəffaflıq və hüquqi çərçivə əsas götürülməlidir.

Nəticə olaraq, süni intellekt idarəetmə sahəsində yeni dövrün başlanğıcını ifadə edir. Onun analitik, obyektiv və məhsuldarlığı artıran funksiyaları idarəetmə proseslərini daha müasir və effektiv hala gətirir. Bununla belə, bu texnologiyanın gətirdiyi etik və sosial problemlər də ciddi nəzərə alınmalıdır. Ancaq bu iki aspekt arasında balanslı bir əlaqə qurularsa, süni intellektin idarəetməyə verdiyi töhfələr daha dəyərli və davamlı olacaqdır.

SÜNİ İNTELLEKTİN TƏCİLİ TİBB SAHƏSİNDƏ İSTİFADƏSİNİN EFFEKTİVLİYİ: 8 KLİNİKİ HAL ƏSASINDA MÜQAYİSƏLİ TƏHLİL

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17204028>

Eldar BAXŞƏLİYEV

Elmi rəhbər: dos. dr. Şəhla Qasımova

Azərbaycan Tibb Universiteti, Təcili Tibb kafedrası

Aktuallıq. Təcili tibbdə pasiyentlərin həyatı bir neçə dəqiqə və ya saniyə içində verilən qərarlardan asılı olur. Son illərdə süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının sürətlə inkişafı bu sahədə yeni perspektivlər yaratmışdır. Sİ əsaslı tibbi qərar dəstəkləmə sistemləri həkimlərin daha dəqiq və sürətli diaqnoz qoymasına kömək edə, səhvlərin qarşısını ala və resurslardan daha səmərəli istifadəni təmin edə bilər. Bununla belə, bu texnologiyaların effektivliyi və həkimlərin qərarvermə bacarıqları ilə müqayisədə üstünlükləri və çatışmazlıqları hələ də geniş tədqiqat tələb edir. Bu tədqiqat süni intellektin təcili tibbdə praktik tətbiqini real klinik hallar əsasında qiymətləndirməyə yönəlib.

İşin məqsədi. Bu işin əsas məqsədi süni intellekt sistemlərinin təcili tibbi qərarvermə prosesində effektivliyini təhlil etmək, 8 klinik hal əsasında bu qərarları təcrübəli təcili yardım həkimlərinin yanaşması ilə müqayisə etmək və gələcəkdə bu texnologiyanın tətbiq imkanlarını müəyyənləşdirməkdir.

Material və metodlar. Araşdırmalar Kliniki Tibbi Mərkəzin təcili yardım şöbəsindəki klinik hallar üzərində aparılmışdır. Araşdırmada real klinik praktikada rast gəlinmiş 8 fərqli təcili tibbi hal (Ağciyər tromboemboliyası, mezenterik damar trombozu, kəskin xolesistit, exinokokkoz, tibia və fibulanın açıq sınığı, dalaq laserasiyası nəticəsində yaranan hemoperitoneum, 2 kəskin appendisit) istifadə edilmişdir. Hər bir hal üçün:

- Pasiyentin anamnezi, fiziki müayinəsi, simptomları, laborator və instrumental nəticələri sistemləşdirilərək hazırlanmışdır.

- Bu məlumatlar ayrı-ayrılıqda:

- Təcrübəli bir təcili yardım həkiminə

- Süni intellekt əsaslı qərar dəstəkləmə sisteminə (Bayesian health, ChatGPT Medical.AI) təqdim edilmişdir.

- Hər iki tərəfin təklif etdiyi diaqnoz, təyin olunacaq əlavə müayinələr və təcili müalicə planı qeyd olunmuşdur.

Müqayisə meyarları:

- Diaqnostik düzgünlük
- Müalicə planının uyğunluğu
- Qərarvermə sürəti
- Klinik nəticəyə yaxınlıq
- Etik və emosional qərarvermə bacarığı
- Protokol uyğunluğu və çeviklik

Nəticələr. Müqayisəli təhlil nəticəsində aşağıdakı əsas müşahidələr əldə olunmuşdur:

- Diaqnoz düzgünlüyü: 8 situasiyanın 6-sında(75%) süni intellekt düzgün və ya yaxın diaqnoz qoymuş, 2 situasiya (25%) isə simptomların çoxfaktorlu olması və insani yanaşmanın olmaması səbəbilə qeyri-dəqiq nəticə vermişdir.
- Müalicə planı: Süni intellektin təklif etdiyi yanaşmalar əsasən beynəlxalq protokollara uyğun olmuşdur, lakin fərdi risk amilləri nəzərə alınmamışdır.
- Qərarvermə sürəti: Süni intellekt saniyələr içində qərar vermiş, həkim isə daha geniş analiz və klinik təcrübə əsasında qərar çıxarmışdır.
- Etik və insani yanaşma: Həkimlər xəstənin emosional vəziyyəti, sosial durumu və prioritetlərini nəzərə alaraq daha balanslı qərarlar vermişdir.
- Ən effektiv nəticələr: "Həkim + Sİ" tandem yanaşmasında əldə olunmuşdur — yəni insan faktorunun süni intellekt dəstəyi ilə birləşməsi nəticə keyfiyyətini artırmışdır.

Yekun. Araşdırmanın nəticələri göstərir ki, süni intellekt təcili tibbdə sürətli və protokol əsaslı qərarların verilməsində faydalı vasitədir. Lakin real klinik şəraitdə xəstənin vəziyyəti, sosial və psixoloji faktorları kimi əlavə məlumatları nəzərə almaqda çatışmazlıqları mövcuddur. Bu səbəbdən, gələcəkdə təcili yardım sahəsində süni intellektin təkbaşına deyil, həkimlərlə birlikdə istifadə olunması daha məqsədəuyğun görünür. Eyni zamanda, süni intellekt sistemlərinin lokal klinik təcrübəyə uyğunlaşdırılması və etik qərarvermə bacarıqlarının inkişafı istiqamətində əlavə tədqiqatlara ehtiyac var.

YENİ NƏSİL JURNALİSTLƏR VƏ SÜNİ İNTELLEKT

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17204034>

Elnarə ALLAHVERDIYEVƏ

elnaraislamli85@gmail.com

elnareallahverdiyeva@ndu.edu.az

ORCID NO: <https://orcid.org/0009-0006-3452-2271>

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Müasir dövrdə süni intellekt yeni media ekosisteminin ayrılmaz hissəsidir. Jurnalistikanın yenilənməsi və müasirləşməsində süni intellektin rolunu təsvir etmək, medianın inkişafında gözlənilən perspektivləri aydınlaşdırmaq, peşəkar və həvəskar media subyektlərini gözləyən etik problemlərin həddudlarını ölçmək və peşə təcrübəsindən irəli gələn dəyişiklikləri müəyyənləşdirmək tədqiqat işinin əsas məqsədlərinə daxildir. Tədqiqatın gedişindən belə qənaətə gəlmək olur ki, rəqəmsal texnologiyanın verdiyi imkanlar jurnalistlərin işini asanlaşdırmaqla yanaşı məzmunun formalaşdırılmasında və dezinformasiyaların müəyyənləşdirilməsində əsas vasitələrdən hesab olunur. Müsbət təsirləri ilə yanaşı, süni intellekt media materiallarında bir sıra peşəkar və etik məsələlərin həllini tələb edir. Süni intellekt bir tərəfdən jurnalistlərin işini asanlaşdıraraq, peşəkar jurnalistikanın inkişafına təkan verərkən, digər tərəfdən isə yaradıcılıq imkanlarının zamanla zəifləməsinə, qərəzliliyin və ədalətsiz yanaşmanın artmasına səbəb olur.

GİRİŞ

Qlobal məkanda media landşaftı İnformasiya-kommunikasiya texnologiyalarının inkişafı və jurnalistika sahəsindəki müasirləşmə ilə əlaqədar olaraq transformasiyaya məruz qalır. Məhz bu səbəbdən ənənəvi media şirkətləri nəşr istehsalının köklü rəqəmsal transformasiyasından irəli gələn problemlərlə üzləşirlər. Xəbər biznesinin formalaşması rəqəmsal inqilabın təsiri ilə etik problemlərə gətirib çıxarır. Dünya tədqiqatçıları multimedia məkanında bu problemlərin aradan qaldırılması yollarını axtarır. Ayrı-ayrı fərdləri sürətli məzmun ötürmə imkanı ilə təmin edən yeni mexanizmlər bu gün gündəmin əsas məsələlərindən birinə çevrilib.

Yeni media mühitini formalaşdıran süni intellekt, alqoritmlər və robot texnologiyaları bir çox media şirkətləri tərəfindən bu sahəyə qoyulan investisiyaları özünə cəlb edir. Müasir dövrdə yeni media konsepsiyasına “Robot jurnalistikası”, “Alqoritm jurnalistikası”, yaxud “Avtomatlaşdırılmış jurnalistika” kimi anlayışlar daxil olub. Robot jurnalistlər birbaşa klaviatüradan istifadə etməsələr də, məlumatları mətnlərə çevirən proqramlaşdırılmış alqoritmlər kimi qarşımıza çıxırlar. Məhz tədqiqatın məqsədi jurnalistlərin fəaliyyətinə süni intellektin təsir imkanları və peşəkarlığa xələl gətirə biləcək məqamların diapazonunu

müəyyənləşdirməkdir. Jurnalistika sahəsində süni intellekt texnologiyalarından asılılıq artıq pik həddə çatıb və bu sahənin dərinliyinə varmaq ehtiyacı yaranıb.

MEDIA SAHƏSİNDƏ MÜASİRLƏŞMƏ PROSESİ

Jurnalistika sahəsində baş vermiş dəyişikliklər bilavasitə qabaqcıl texnoloji alətlərlə bağlıdır. Texnologiya yeni rəqəmsal məzmun istehsal etmək məqsədilə media sektoru üçün hərəkətverici qüvvəyə çevrilib. Əksər tədqiqatçılar texnologiyanın media və jurnalistika sahəsində aparıcı rolunu müsbət və optimist olaraq qiymətləndirirlər. Süni intellekt texnologiyalarından istifadə jurnalistlərə xas vərdiş və bacarıqları dəyişməklə yanaşı, jurnalistika sahəsindəki peşəkar təcrübə üçün obyektiv bir ittifaq olaraq qəbul edilmiş və müasir qəzet istehsalının vacib elementinə çevrilmişdi.

Bununla belə, jurnalistika sahəsindəki texnoloji transformasiyalar media mühitinin transformasiyası ilə ayrılmaz şəkildə bağlıdır. Postmanın qeyd etdiyi kimi, "yazıdan tutmuş rəqəmsal mediaya qədər kommunikasiya texnologiyalarını ehtiva edən texnologiyalar onlardan istifadə edən aktyorların gündəlik həyatına təsir edən mühitlər yaradır. Media konvergensiyası əsrində texnoloji bacarıqlar jurnalistika sənayesində mühüm əhəmiyyət kəsb etdi və bu, iş prosesinin rəqəmsallaşması ilə jurnalistikanı həтта bir neçə il əvvəl heç kimin proqnozlaşdırma bilməyəcəyi şəkildə dəyişdirdi".[10.]

SÜNİ İNTELLEKT VƏ JURNALİSTİKADA PEŞƏ TƏLƏBLƏRİ

Müasir jurnalistikanın kəmiyyət baxımından müxtəlif formaları müzakirə edilməkdədir. Bu yeni formalar nisbi yeniliyinə baxmayaraq, akademik ədəbiyyatlarda və media sektorunda böyük diqqət mərkəzinə çevrilmişdir. Bu baxımdan Loosen jurnalistikanın dörd yeni formasını vurğulayaraq müasir jurnalistikanın mahiyyətini açmağa çalışır:[4.]

-Data jurnalistikası: Bu konsepsiya son onillikdə tədricən xəbər otaqlarında peyda olub, bu, məlumatlardan faydalı məlumatların çıxarılması, məlumat əsasında məqalələrin yazılması və oxuculara hekayənin əhəmiyyətini anlamağa kömək edən məqalələrə vizualizasiyaların daxil edilməsi prosesinə aiddir. Lindenin (2017) qeyd etdiyi kimi, "rəqəmsal inqilab hadisələrin gözlənilməsi ilə yanaşı, hesablama jurnalistik prosesləri üçün istifadə oluna bilən məlumatların təchizatını və əlçatanlığını əvvəlkindən daha böyük ölçüdə genişləndirdi". [6.s.24] Bununla belə, data jurnalistikası tədqiqat və statistikadan tutmuş dizayn və proqramlaşdırmaya qədər özlüyündə əhəmiyyətli olan bir sıra sahələrin yaxınlaşmasına xidmət edir.

- Alqoritm Jurnalistikası: Jurnalistikanın bu növü "jurnalistika və məlumat texnologiyası arasındakı kəsişmədə baş verən innovativ emal" kimi müəyyən edilir. Bundan əlavə, jurnalistikanın bu forması, "jurnalistikanın hesabatlılıq funksiyasını tamamlamaq üçün sosial elmlərdə alqoritmlərin, məlumatların və biliklərin birləşməsi" kimi başa düşülür.[2.]

- Avtomatlaşdırılmış Jurnalistika: Bu termin avtomatlaşdırılmış məzmun təminatçıları tərəfindən hazırlanmış texnologiyalar vasitəsilə istehsal olunan məzmunun artan dəyərini vurğulamaqdadır. Başqa sözlə, avtomatlaşdırılmış jurnalistika dedikdə "ilkin proqramlaşdırmadan kənar, heç bir insan müdaxiləsi olmadan verilənləri xəbər mətnlərinə çevirən alqoritmik proseslər" nəzərdə tutulur.[1.]

- Metriklərə əsaslanan jurnalistika: xəbər istehsalı prosesinin bütün mərhələlərində və qərar qəbul etmə proseslərində davamlı artan auditoriya rəyini mənalandırmaq üçün müxtəlif cəhdlərə istinad edir.[9.]

JURNALİSTİKADA AVTOMATLAŞDIRMA

Süni intellektin təsiri və süni intellekt üsullarının təkamülü jurnalistika da daxil olmaqla multi-kreativ sferalarda xəbər otaqlarını, xüsusən də xəbər istehsalı və yayımının bütün aspektlərini köklü şəkildə dəyişdi. Bu gün oxucular bütövlükdə insan olmayan jurnalistlərin yazdığı məqalələri oxuya bilir. Bu kontekstdə Washington Post 2016-cı ildə Rioda keçiriləcək Yay Olimpiya Oyunları zamanı redaktor heyətinə dəstək olmaq üçün öz texnologiyasını, "Helioqraf" adlı süni intellektini inkişaf etdirdi. O vaxtdan bəri, Washington Post əsasən siyasi və idman xəbərlərinə yönəlmiş yüzlərlə məqaləni "Helioqraf"dan istifadə edərək hazırlamışdı.

"Reuters" informasiya agentliyi 2018-ci il üçün hazırladığı "Media, trendlər və texnoloji gözləntiləri" adlı hesabatında, respondentlərin təxminən dördü üçün yaradıcılıqda süni intellektdən istifadə etdiklərini bildirib. Eyni zamanda, agentliyin əməkdaşları məzmunun təkmilləşdirilməsi, marketinqin səmərəliliyinin artırılması və iqtisadi məqsəduyğunluğu, informasiya materialı daxilində məlumatın yoxlanılmasının avtomatlaşdırılması və ya kütləvi məlumat axınında olan məlumatların təsnifatının sürətləndirilməsi baxımından onlardan istifadəni artırmaq üçün layihələr hazırlayırlar.

Proqram robotlarının jurnalistikaya müdaxiləsini, ictimaiyyətin və jurnalistlərin alqoritmlər və insan jurnalistlər tərəfindən yazılan xəbərlərə münasibətini araşdıran tədqiqatçılar iddia edirlər ki, auditoriya jurnalistlər tərəfindən hazırlananlarla müqayisədə proqram təminatı ilə yazılmış jurnalist materiallarına inanmağa daha çox meyl edirlər.

Konkret ifadə etsək, müasir redaksiyalarda texnologiya ilə məzmunun yaradılması arasındakı əlaqə məhz bu ideyanı dəstəkləyir: "Jurnalistikada müasir tendensiya proqramçıların jurnalistlərlə daha sıx əməkdaşlıq etdiyi, jurnalistlərin proqramçıya çevrildiyi və əksinə redaksiya işçilərinin xarakterinin dəyişdiyini sübut edir".

PERSPEKTİVDƏ GÖRÜNƏN PROBLEMLƏR

Məlumdur ki, jurnalist mənzərəsi süni intellekt texnologiyası nəticəsində sürətli və görünməmiş dəyişikliklərə məruz qalıb. Təəccüblü deyil ki, bu inkişaf jurnalistlərin gələcəyi ilə bağlı potensial təsirlər, xüsusən də avtomatlaşdırılmış məzmun istehsalı ilə bağlı suallar doğurur. "Avtomatlaşdırılmış jurnalistika sənayeləşmənin ilk günlərindən bəri mövcud olan avtomatlaşdırma və əmək arasında təkrarlanan alqoritmlə əlaqələndirilir".[1.] Aparılmış araşdırmalarda məsələ ilə bağlı iki əsas yanaşma mövcuddur: Birinci yanaşma ümumən, pessimist rəy bildirir. Bu yanaşmaya görə, jurnalistika peşəsi müasir dövrün tələbi ilə bir sıra potensial risklərlə üzləşməli olub. Bu təhdidlərin əsasında böyük media şirkətlərində alqoritmlərin getdikcə üstünlük təşkil etməsi və nəticədə jurnalistlərin qeyri-insani həmkarları ilə əvəz olunması dayanır. Daha aydın desək, redaksiyada insan iştirakına ehtiyac getdikcə azalır, insan reportyorlar xəbərlərin yeganə mənbəyi olmaqdan çıxırlar. Jurnalistlərin iş yerlərini itirmə ehtimalı yaxın gələcəkdə böyük miqyasda işsizliyə səbəb ola bilər. Bu hal jurnalistlərdən yaradıcılıq qabiliyyəti ilə müqayisədə rəqəmsal bacarıqlara yiyələnməni və proqramlaşdırmanın öyrənilməsini tələb edir.

Optimist fikirlərin müdafiə olunduğu ikinci yanaşmada müasir texnologiyaların jurnalistlərin işini əvəz etmək əvəzinə, təkmilləşdirəcəyi iddia olunur [3.], yəni yaxın gələcəkdə süni intellekt alqoritmlərinin xəbər otaqlarında insan jurnalistləri tam əvəz etməyəcəyi nəzərdə tutulur. Belə ki, son tendensiyalar göstərir ki, media baş verən hadisələrlə bağlı xalqın məlumatlandırılmasında hələ də həlledici rol oynayır və beləliklə, süni intellekt peşəkar jurnalistika üçün təhlükə yaratmır. Ümumilikdə desək, bu yanaşmanın müdafiəçiləri bildirir ki, süni intellekt texnologiyası jurnalistika sahəsində diqqətəlayiq inkişafı əks etdirən, xüsusən də müxtəlif mənbələrdə olan məlumatları daha az səhv və qərəzlə ən yaxşı formada toplamaq, yüksək keyfiyyətli xəbər məqalələri hazırlamaq imkanı təqdim edir. Media şirkətləri xəbərlərin istehsalı və yayılmasının bütün mərhələlərində süni intellekt tətbiqindən istifadə etsələr də etika və peşəkarlıq prinsiplərinin qorunması problem olaraq qalmaqdadır.

PEŞƏKARLIQ PRİNSİPLƏRİ

Kreativlik, yaradıcı yazı qabiliyyəti jurnalistikada insanın düşüncə tərzini əks etdirən əsas anlayışlardır. "Süni İntellekt alqoritmləri dizaynerlər tərəfindən onlar üçün yaradılmış konseptual çərçivədən kənarda "düşünə" bilmirlər, belə ki, onlar zehni olaraq çarpazlaşdırılmış yeni yaradıcılıq qabiliyyətini tələb edən kamil səviyyədən uzaqdırlar [5]. Süni intellekt alqoritmləri bir sıra emosional reaksiyaları ruhlandırmaq üçün lazımi atmosferi yarada bilmir. Buna görə də, analitik bacarıq və yaradıcılıq hələ də jurnalistlərin alqoritmlərlə müqayisədə əsas üstünlüyüdür.

Jurnalistika cəmiyyətə böyük təsir göstərdiyinə görə sosial sistemin mövcudluğu üçün mühüm qüvvədir. Məhz buna görə də rəqəmsal mühitin formalaşdığı bir dövrdə jurnalistikanı ictimai sərvət kimi qoruyub saxlamaq vacibdir. Tədqiqatçıların da qeyd etdiyi kimi, "Süni intellekt alqoritmlərinin gözlənilməz, həyəcan verici hadisələri başa düşməsi və yaşanmamış hadisələri və əlaqələri yaratmaq imkanı yoxdur".[5.]

Avtomatlaşdırılmış jurnalistika sahəsində ən mühüm problemlərdən biri süni intellekt sistemləri daxilində gender bərabərliyi və irqi ayrı-seçkilik kimi məsələlərə qərəzli yanaşmadır. Bu nöqtəyi-nəzərdən, AI alqoritmləri insan təsirindən azad deyil, bu da onların öz istifadəçilərinin dəyərlərindən təsirləndiyini göstərir. Qərb tədqiqatçılarından Osoba və Welser bildirirlər ki, "Süni agentlər həyatımızda böyük rol oynadıqca və tənzimlənmədikcə, süni intellekt alqoritmlərində səhv və qərəzlilik riski davam edəcək".[8.]

Auditoriyanın inamını təmin etmək üçün şəffaflıq çox vacib elementdir. Bu nöqtəyi-nəzərdən məlumatların əlçatan olmasına - insanların onunla qarşılıqlı əlaqədə olmasına imkan yaradılmalıdır. Müasir dövrdə şəffaflıq anlayışı məlumatları məqaləyə çevirən sistemə olan inamla ölçülür.[7.] Belə ki, redaktor ilk növbədə hansı maddələrin jurnalist tərəfindən yazıldığını və hansının süni intellekt proqramı ilə yazıldığını təyin etməli və mövzular arasında fərq qoymalıdır.

Peşəkarlığın meyarlarından biri də faktların yoxlanılmasıdır. Bu aspektdə oxucular xam məlumatların necə seçildiyi, məlumatların seçilməsi zamanı hansı əsaslandırmadan istifadə edildiyi, məlumatların necə yoxlanıldığı, oxucuların şəxsi məlumatlarının işlənilib-şəxsləndirilməməsi, istifadə olunan mənbələrin etibarlılığı və obyektivliyinin necə təmin edildiyi barədə məlumatlara malik olmalıdır.

Ədalətlik prinsipindən danışdıqda süni intellekt jurnalistika peşəsinin əsas problemlərindən biri hesab olunur. Ədalət dedikdə insanların həyatında zərərli qərəzlərdən və stereotiplərdən yayınma halı nəzərdə tutulur. Süni intellekt məlumatların məxfiliyinə müdaxilə, sosial manipulyasiya və təzyiq vasitəsi kimi istifadə imkanını yaradır. Beynəlxalq qanunvericilikdə süni intellekt vasitəsilə məlumatların istifadəsi zamanı yarana biləcək qeyri-qanuni qərəzin və ya ayrı-seçkiliyin azaldılması və yumşaldılması tövsiyyə olunur. Son dövrlər Avropa Şurası Parlament Assambleyası Robototexnika ilə bağlı Etik Davranış Kodeksini müəyyən edən və bir sıra fundamental prinsipləri özündə əks etdirən hesabatında məxfiliyin qorunması və məlumatlardan istifadənin tənzimlənməsini də gündəmə gətirmişdi.

NƏTİCƏ

Qlobal məcrada jurnalistika rəqəmsal texnologiyaların sürətli inkişafı nəticəsində böyük tarixi keçid dövrü yaşayır. Bu inkişaf texnoloji tərəqqinin mühüm aspektidir və media şirkətlərinin təşkilati strukturlarında və funksiyalarında böyük dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Yenidən qurulan rəqəmsal dövrdə jurnalistika peşəsi tarixin ən mühüm inqilabını yaşayır. Bu gün yeni texnologiyalar jurnalistikanı təkmilləşdirmək üçün çox böyük potensial təklif edir, xüsusən də jurnalistlərə məhdud zaman müddətində yüksək həcmli məlumatı emal etməyə, strukturlaşdırılmış məlumatlardan xəbərlər yaratmağa və onları avtomatik çatdırmağa, eləcə də daha müxtəlif çalarda işıqlandırmağa imkan verir. Ümumilikdə, süni intellekt peşəkar jurnalistika üçün təhlükə yaratmır. Başqa sözlə, süni intellekt texnologiyaları rəqəmsal əsrdə jurnalistikanın əlavə dəyəri hesab olunur ki, bu da jurnalistləri tam əvəz edə bilməz. Bu texnologiyaların jurnalistlərin işini əvəz etmək yerinə, əksinə, təkmilləşdirəcəyini nəzərdə tutur.

Süni intellekt jurnalistlərin redaksiyadan kənardakı dünya ilə qarşılıqlı əlaqəsini dəyişdi, eyni zamanda, redaksiya tapşırıqlarını idarə etməyi asanlaşdırdı. Digər tərəfdən, süni intellekt jurnalistlərə şifahi sözlərin mətnə, mətnlərin audio və videoya çevrilməsi, eləcə də şəkillərin təhlili və təsnifatı ilə yanaşı, bir çox mənbədən alınan məlumatları təhlil etməyə imkan verir. Ümumilikdə deyə bilərik ki, süni intellekt jurnalistlərə sağ qalmağa və müasir jurnalistikanın üzləşdiyi əsas problemlərdən, o cümlədən məlumat və mənbələrin həddindən artıq çoxluğunu aradan qaldırmağa kömək edəcək.

Saxta xəbərlər və dezinformasiya fenomeni hazırda jurnalistlərin qarşısında duran ən mühüm problemlərdən biridir. Buna görə də, bir tərəfdən saxta xəbərləri müəyyən etmək, digər tərəfdən xəbərlərin keyfiyyətini və dəqiqliyini artırmaq üçün ağıllı proqram təminatının, xüsusən də jurnalist alqoritmlərinin istifadəsi artıq zərurətə çevrilib. Onlayn dezinformasiya və təhqiramiz məzmunu azaltmaq üçün ekspert kontekstli süni intellekt proqramları yaradılıb.

6.4. Məzmun Fərdiləşdirmə

Hər gün durmadan artan media şirkətlərində süni intellekt imkanları daha geniş məcrada istifadə olunmağa başlayıb. Süni intellekt istifadəçilər üçün fərdiləşdirilmiş xəbər gündəmlərini formalaşdırmaq, eləcə də bir çox dildə xəbər istehsal etmək və daha geniş auditoriyaya və yeni bazarlara çıxış yaradıb. Ümumilikdə fərdiləşdirmə prosesi məzmunu istehlakçılar üçün daha əlverişli etmək deməkdir. Əvvəlki tədqiqatlar da göstərir ki, filtrləmə

alqoritmləri istifadəçilərin davranışları haqqında məlumatları toplamaq, çeşidləmək və prioritetləşdirmək qabiliyyətinə malikdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Carlson, M. (2015). The Robotic Reporter: Automated journalism and the redefinition of labor, compositional forms, and journalistic authority. *Digital Journalism*, 3(3), 416-431.
2. Gynnild, A. (2014). Journalism innovation leads to innovation journalism: The impact of computational exploration on changing mindsets. *Journalism*, 15 (6), 713-730.
3. Hansen, M., Roca-Sales, M., Keegan, J., King, G. (2017). Artificial Intelligence: Practice and Implications for Journalism. Tow Center for Digital Journalism, Columbia University. Retrieved from <https://doi.org/10.7916/D8X92PRD>
4. Loosen, W. (2018). Four Forms of Datafeed Journalism: Journalism's Response to the Datafication of Society. Bremen: "Communicative Figurations" Research Network, Centre for Media, Communication, and Information Research (ZeMKI) (Working Paper Series "Communicative Figurations Working Papers" No.18).
5. Latar, NL. (2018). Robot Journalism: Can Human Journalism Survive? World Scientific Publishing Company.
6. Lindén, C-G. (2017). Algorithms for journalism: The future of news work. *The Journal of Media Innovations*, 4(1), 60-76. Retrieved from <https://journals.uio.no/index.php/TJMI/article/view/2420>
7. Leppänen L., Munezero, M., Granroth-Wilding M., & Toivonen, H. (2017). Data-Driven News Generation for Automated Journalism. *Proceedings of the 10th International Conference on Natural Language Generation*, 188–197. Retrieved from <https://aclanthology.info/papers/W17-3528/w17-3528>
8. Osoba, OA. & Welser, W. (2017). An Intelligence in Our Image: The Risks of Bias and Errors in Artificial Intelligence – RAND Corporation. Retrieved from https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR1744.Html
9. Tandoc, EC. & Thomas, RJ. (2015). The ethics of web analytics. Implications of using audience metrics in news construction. *Digital Journalism*, 3(2), 243–258.
10. Zangana, A. (2017). The impact of new technology on the news production process in the newsroom. Ph.D. Thesis. The University of Liverpool.

RESUME

Elnara Allahverdiyeva

NEW GENERATION JOURNALISTS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Artificial intelligence is an integral part of the new media ecosystem in the modern era. The main objectives of the research are to define the role of artificial intelligence in the renewal and modernization of journalism, to clarify the expected prospects for the development of the media, to measure the

boundaries of ethical issues that await professional and amateur media subjects, and to identify changes resulting from professional experience. From the course of the research, it can be concluded that the opportunities provided by digital technology, in addition to facilitating the work of journalists, are considered one of the main tools in shaping content and detecting disinformation. In addition to its positive effects, artificial intelligence requires the resolution of a number of professional and ethical issues in media materials. On the one hand, artificial intelligence facilitates the work of journalists and accelerates the development of professional journalism, on the other hand, it leads to the weakening of creative opportunities, the increase in bias and unfair approaches over time.

РЕЗЮМЕ

Эльнара Аллахвердиева

Кандидат политических наук

Нахчыванский Государственный Университет

ЖУРНАЛИСТЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

В современную эпоху искусственный интеллект является неотъемлемой частью новой медиаэкосистемы. Основными целями исследования являются определение роли искусственного интеллекта в обновлении и модернизации журналистики, выяснение ожидаемых перспектив развития СМИ, измерение границ этических проблем, которые ждут профессиональных и любительских субъектов СМИ, и выявление изменений, являющихся результатом профессионального опыта. Из хода исследования можно сделать вывод, что возможности, предоставляемые цифровыми технологиями, помимо облегчения работы журналистов, считаются одним из основных инструментов в формировании контента и выявлении дезинформации. Помимо своих положительных эффектов, искусственный интеллект требует решения ряда профессиональных и этических проблем в медиаматериалах. С одной стороны, искусственный интеллект облегчает работу журналистов и ускоряет развитие профессиональной журналистики, с другой стороны, со временем это приводит к ослаблению творческих возможностей, росту предвзятости и недобросовестных подходов.

SİSTEMLİ MODELƏRDƏ OPTİMALLAŞDIRMA MƏQSƏDİLƏ VARIASIYA METODLARININ TƏTBİQİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17204052>

Emin ABBASOV

eminmath1@gmail.com

BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi, SABAH

Bakı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Bu məqalədə sistemli modellərdə optimallaşdırma məqsədilə variasiya metodlarının tətbiqi araşdırılmışdır. Variasiya hesabı, tətbiqi riyaziyyatın güclü alətlərindən biri olaraq, sistemlərin optimal idarə olunmasını təmin etmək üçün istifadə olunur. Müxtəlif sahələrdə, xüsusilə mühəndislik və iqtisadiyyat sahələrində bu metodların tətbiqi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Məqalədə Euler-Lagrange tənliyi və digər metodların istifadə olunduğu optimallaşdırma məsələləri göstərilmişdir. Ayrıca, bu metodların enerjinin istehsalı, istehsal prosesləri və digər mühəndislik sahələrindəki tətbiqləri müzakirə edilmişdir. Variasiya hesabı, real dünya problemlərinin həlli üçün faydalı bir yanaşma təqdim edir və bu sahədə əldə edilən nəticələr praktiki tətbiqlərdə istifadə oluna bilər.

Açar sözlər: *Variasiya hesabı, optimallaşdırma, sistemli modellər, Euler-Lagrange tənliyi, tətbiqi riyaziyyat, mühəndislik, enerji istehsalı, istehsal prosesləri.*

Giriş

Son illərdə mürəkkəb sistemlərdə optimallaşdırma problemlərinin həlli mühəndislik, iqtisadiyyat və digər sahələrdə mühüm yer tutur. Sistemli modellər, çoxsaylı dəyişənlər və kompleks tənliklər ilə ifadə olunan problemləri təhlil etmək üçün güclü riyazi vasitələrə ehtiyac duyur. Variasiya hesabı, xüsusən bu cür sistemlərin optimallaşdırılması üçün geniş tətbiq sahəsinə malikdir. Bu metodlar, sistemlərin müxtəlif şərtlər altında optimal idarə olunmasını təmin etmək üçün istifadə olunur.

Variasiya metodlarının əsasları

Variasiya hesabı, funksional adlanan funksiyaların optimallaşdırılması ilə əlaqədar bir riyazi fəndir. Bu metod, verilmiş bir funksionalın minimal (və ya maksimal) qiymətini tapmaq məqsədilə tənliklər və ya şərtlər təqdim edir. Məsələn, bir funksionalın minimumunu tapmaq üçün istifadə olunan ümumi metod Eyler-Lagrange tənliyidir. Bir funksionalın aşağıdakı formada verildiyini düşünək:

$$J(y) = \int_a^b L(x, y(x), y'(x)) dx$$

Bu funksionalın ekstremumlarını tapmaq üçün Euler-Lagrange tənliyi tətbiq olunur:

$$\frac{\partial L}{\partial y} - \frac{d}{dx} \left(\frac{\partial L}{\partial y'} \right) = 0$$

Bu tənlik, optimallaşdırma şərtlərini təqdim edir və çox vaxt sistemli modellərin idarə edilməsi üçün istifadə olunur.

Sistemli modellərdə tətbiq

Sistemli modellərdə optimallaşdırma məqsədi ilə variasiya metodlarının tətbiqi müxtəlif mühəndislik və iqtisadiyyat problemlərinin həllində geniş istifadə olunur. Məsələn, enerji istehsalı, logistika, istehsal prosesi və s. kimi sahələrdə bu metodlardan istifadə edilir. Məsələn, biz enerji istehsalının optimallaşdırılması ilə bağlı bir məsələni nəzərdən keçirək, bu halda məqsəd enerji istehsalını minimum resurs sərfi ilə həyata keçirməkdir. Bunun üçün aşağıdakı funksionalı qururuq:

$$J(u) = \int_0^T \left(\frac{1}{2} u(t)^2 + \lambda x(t)^2 \right) dt$$

burada $x'(t) = Ax(t) + Bu(t)$ şəklində sistemin dinamikası verilir və $u(t)$ optimallaşdırılacaq idarə funksiyasıdır. Bu funksionalın minimal qiymətini tapmaq üçün variasiya metodları istifadə olunur.

Başqa bir nümunə olaraq, sistemin idarə edilməsi üçün tətbiq olunan optimal nəzarət məsələlərini götürək. Belə məsələlər, çox vaxt, obyektin təkcə mövcud vəziyyətini deyil, həm də onun gələcək davranışını nəzərə alaraq optimallaşdırma tələb edir. Bu, variasiya hesabının tətbiqi ilə, optimal nəzarət funksiyasının əldə edilməsi ilə mümkün olur.

Nəticə

Variasiya hesabı sistemli modellərin optimallaşdırılması məqsədi ilə çox güclü bir alət təqdim edir. Bu metodlar sistemlərdə optimal idarəetməni təmin etmək üçün geniş istifadə olunur. Mühəndislik, iqtisadiyyat, ekologiya və digər sahələrdə mürəkkəb problemlərin həlli üçün variasiya hesabı metodlarının tətbiqi səmərəli nəticələr əldə etməyə imkan verir. Həmçinin, variasiya hesabı optimallaşdırma məsələlərinin həlli üçün nəzəri və praktik əsaslar təqdim edir, bu da tətbiqi riyaziyyatın güclü alətlərindən biridir.

ƏDƏBİYYAT

1. Gelfand, I. M., & Fomin, S. V. (2000). *Calculus of Variations*. Dover Publications.
2. Liberzon, D. (2012). *Calculus of Variations and Optimal Control Theory: A Concise Introduction*. Princeton University Press.
3. Evans, L. C. (2010). *Partial Differential Equations*. AMS.
4. Armstrong, R. (2020). *Variational Methods and Applications*. Springer.

ABSTRACT

APPLICATION OF VARIATIONAL METHODS FOR OPTIMIZATION IN SYSTEM-BASED MODELS

This paper investigates the application of variational methods for optimization in systemic models. Variational calculus, as one of the powerful tools of applied mathematics, is used to ensure optimal management of systems. The application of these methods is of significant importance in various fields, especially in engineering and economics. The paper presents optimization problems where the Euler-Lagrange equation and other methods are applied. Additionally, the use of these methods in energy production, manufacturing processes, and other engineering fields is discussed. Variational calculus provides a useful approach for solving real-world problems, and the results obtained in this area can be applied in practical applications.

Keywords: Variational calculus, optimization, systemic models, Euler-Lagrange equation, applied mathematics, engineering, energy production, manufacturing processes.

РЕЗЮМЕ

ЭМИН АББАСОВ

ПРИМЕНЕНИЕ ВАРИАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ В СИСТЕМНЫХ МОДЕЛЯХ

В данной статье рассматривается применение вариационных методов для оптимизации в системных моделях. Вариационное исчисление, как один из мощных инструментов прикладной математики, используется для обеспечения оптимального управления системами. Применение этих методов имеет большое значение в различных областях, особенно в инженерии и экономике. В статье приведены задачи оптимизации, в которых используются уравнение Эйлера-Лагранжа и другие методы. Также рассматривается применение этих методов в производстве энергии, производственных процессах и других областях инженерии. Вариационное исчисление предоставляет полезный подход для решения реальных проблем, и результаты, полученные в этой области, могут быть использованы в практических приложениях.

Ключевые слова: Вариационное исчисление, оптимизация, системные модели, уравнение Эйлера-Лагранжа, прикладная математика, инженерия, производство энергии, производственные процессы.

RİYAZİ STATİSTİKA VƏ DATA ELMI KONTEKSTİNDƏ VARIASIYA HESABININ TƏTBİQİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17204058>

Emin ABBASOV

eminmath1@gmail.com

*BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi, SABAH
Bakı, Azərbaycan*

XÜLASƏ

Bu tezisdə variasiya hesabının əsas anlayışları və onların riyazi statistika ilə data elminin kəsişməsindəki rolu araşdırılır. Xüsusilə funksional minimallaşdırma məsələlərinin statistik modellərdə tətbiqinə və optimal təxmini həllərin tapılmasında Euler-Lagrange tənliklərinin roluna diqqət yetirilir. Müxtəlif statistik funksional nümunələr üzərində variasiya yanaşmasının üstünlükləri və praktik tətbiq sahələri təqdim olunur. Bu yanaşma həm böyük verilənli mühitlərdə, həm də klassik statistik modellərdə yüksək dəqiqlik və effektivlik təmin edə bilər.

Açar sözlər: *variasiya hesabı, statistik modelləşdirmə, funksional optimallaşdırma, data elmi, təxmini üsullar, Eyler-Lagrange tənliyi, məlumat analizi.*

Giriş

Riyazi statistika və data elmi, məlumatların toplanması, təhlili və nəticələrin çıxarılması üçün müxtəlif alqoritmlər və yanaşmalar təqdim edir. Bu sahə, statistik modellərin qurulmasında və təhlilində tətbiq olunan matematik metodların birləşməsindən yaranmışdır. Variasiya hesabı, bu sahələrdə çox mühüm rol oynayır, çünki o, çoxsaylı optimallaşdırma problemlərinin həllini təmin edir və müxtəlif parametrlı funksiyaların optimallaşdırılmasında istifadə olunur. Bu tezis, variasiya hesabının əsas prinsiplərini və onun riyazi statistika və data elmi sahələrindəki tətbiqlərini araşdırır.

Variasiya Hesabının Əsasları

Variasiya hesabı, funksiyanın minimum və maksimum qiymətlərinin tapılması ilə bağlı bir sahədir və çox vaxt qeyri-xətti optimallaşdırma problemləri ilə əlaqələndirilir. Bu sahənin əsasında Lagrange tənlikləri və Eyler-Lagrange tənlikləri kimi metodlar dayanır. Bu metodlar, müəyyən bir funksiyanın optimallaşdırılması üçün şərtlər və əlaqələr qurur. Variasiya hesabı həmçinin məkan və zaman parametrləri ilə əlaqəli müxtəlif məsələlərin həllində istifadə edilir, məsələn, fizikada, mühəndislikdə və s.

Verilmiş funksional

$$J(y) = \int_a^b F(x, y(x), y'(x)) dx$$

minimum (və ya maksimum) alırmı və hansı şərtlər daxilində?

Bu suala cavab olaraq Eyler-Lagranj tənliyi əldə edilir:

$$\frac{\partial F}{\partial y} - \frac{d}{dx} \left(\frac{\partial F}{\partial y'} \right) = 0$$

Bu tənlik funksionalın ekstremum alması üçün zəruri (və bəzi hallarda kafi) şərtidir. Məsələn, aşağıdakı funksionalı nəzərdən keçirək:

$$J(y) = \int_0^1 (y'^2 - y^2) dx$$

Bu halda $F(x, y, y') = y'^2 - y^2$ və Eyler–Laqranj tənliyi olur:

$$-2y - \frac{d}{dx} (2y') = 0 \Rightarrow y'' + y = 0$$

Beləliklə, funksionalın ekstremumu məsələsi, ikinci tərtib homojen diferensial tənliyin sərhəd şərtləri ilə həllinə gətirib çıxarır.

Variasiya hesabının Riyazi Statistika və Data Elmi ilə Əlaqəsi

Riyazi statistika və data elmi müxtəlif növ məlumatları təhlil etmək və onlardan mənalı nəticələr çıxarmaq üçün statistik və analitik metodlardan istifadə edir. Burada əsas məqsəd məlumatların təhlili və onlardan prediktiv nəticələrin çıxarılmasıdır. Variasiya hesabı bu sahələrdə müxtəlif optimal həllərin tapılması üçün istifadə edilir. Məsələn, çox dəyişənli analizlərdə, model optimallaşdırılmasında və ehtimal nəzəriyyəsində variasiya hesabının tətbiqi mühüm rol oynayır.

Tətbiq Sahələri

Variasiya hesabı, xüsusilə data elmi sahəsində müxtəlif problemlərin həlli üçün istifadə olunur. Məsələn, model seçimi, parametr optimallaşdırılması, təhlil nəticələrinin təkmilləşdirilməsi və s. Riyazi statistika sahəsində isə, bu üsul, verilənlərin analizi və modelləşdirilməsi üçün geniş istifadə olunur. Data elmi kontekstində isə variasiya hesabı verilənlərin təmizlənməsi, məlumatların analizi və proqnozlaşdırma məqsədilə istifadə olunur.

Nümunə Tətbiq: Ehtimal Modeli və Optimallaşdırma

Bir ehtimal modeli üzərində variasiya hesabını tətbiq edərək, bu modelin optimallaşdırılması prosesi haqqında danışaq. Məsələn, logistika reqressiyası və ya Neyron şəbəkələrinin təlimi kimi məsələlərdə, parametrlərin düzgün seçilməsi və optimallaşdırılması prosesində variasiya hesabının rolu olduqca böyükdür. Burada Eyler-Lagrange tənlikləri və onların tətbiqi mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Nəticə

Variasiya hesabı, riyazi statistika və data elmi sahələrində optimallaşdırma məsələlərinin həllində və müxtəlif statistik modellərin qurulmasında əsas alətlərdən biridir. Bu sahələrdə variasiya hesabının tətbiqi, nəticələrin daha dəqiq və etibarlı olmasını təmin edir. Gələcək tədqiqatlar, bu sahədə daha mürəkkəb modellərin qurulması və optimallaşdırılmasına yönəlmiş olacaq.

ƏDƏBİYYAT:

1. Folland, S. (2013). *Real Analysis: Modern Techniques and Their Applications*. Wiley-Interscience, 2nd Edition.

2. Martens, S., & Van Hirtum, E. (2020). *Data Science and Statistical Analysis: Theoretical Foundations and Practical Applications*. Cambridge University Press, 82-95.
3. Tikhonov, A. (2016). *Optimization Methods and Variational Inequalities*. Moscow: Nauka Publishing House, 44-65.
4. Cressie, N., & Johannesson, G. (2014). *Spatial Statistics: Theory and Applications*. Wiley Series in Probability and Statistics, 220-250.

SUMMARY

Emin ABBASOV

APPLICATION OF VARIATIONAL CALCULUS IN THE CONTEXT OF MATHEMATICAL STATISTICS AND DATA SCIENCE

This thesis explores the fundamental concepts of the calculus of variations and their role in the intersection of mathematical statistics and data science. Special emphasis is placed on the application of functional minimization problems in statistical modeling and the role of Euler-Lagrange equations in deriving optimal approximate solutions. The advantages of the variational approach and its practical applications are illustrated through various statistical functional examples. This method can ensure high accuracy and efficiency in both big data environments and classical statistical models.

Keywords: *calculus of variations, statistical modeling, functional optimization, data science, approximation methods, Euler-Lagrange equation, data analysis*

РЕЗЮМЕ

Эмин АББАСОВ

ПРИМЕНЕНИЕ ВАРИАЦИОННОГО ИСЧИСЛЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ И НАУКИ О ДАННЫХ

В данной тезисной работе рассматриваются основные понятия вариационного исчисления и их роль в контексте математической статистики и науки о данных. Особое внимание уделяется применению задач минимизации функционалов в статистическом моделировании и роли уравнений Эйлера-Лагранжа в нахождении оптимальных приближенных решений. Преимущества вариационного подхода и его практическое применение демонстрируются на различных примерах. Этот метод обеспечивает высокую точность и эффективность как в среде больших данных, так и в классических статистических моделях.

Ключевые слова: *вариационное исчисление, статистическое моделирование, функциональная оптимизация, наука о данных, приближённые методы, уравнение Эйлера-Лагранжа, анализ данных*

SÜNİ İNTELLEKTİN GÜNDƏLİK HƏYATA GƏTİRDİYİ FƏLSƏFİ VƏ PSIXOLOJİ TƏSİRLƏR: POST-HUMANİST DÖVRDƏ İNSAN ŞÜURU, ŞƏXSİYYƏT KİMLİYİ VƏ MƏNƏVİ DƏYƏRLƏRƏ TƏSİRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17204061>

Fəridə BABAYEVA

farida.babayeva@unec.edu.az

ORCID ID: 0009-0002-6652-5232

International School of Economics, UNEC, Baku, Azerbaijan

XÜLASƏ

Süni intellektin (Sİ) gündəlik həyata getdikcə daha çox integrasiya olunması yalnız xarici mühiti dəyişmir, həm də insan varlığının daxili aspektlərinə ciddi təsir göstərir. Bu məqalədə Sİ-nin fəlsəfi və psixoloji nəticələri, xüsusilə insan şüuru, şəxsiyyət kimliyi və mənəvi dəyərlər üzərində təsiri araşdırılır. Tədqiqat post-humanist yanaşmaları və Sİ ilə insan arasında qarşılıqlı əlaqənin müasir tendensiyyalarını təhlil edir. Ənənəvi “mən” anlayışının dəyişməsi və ya tamamilə yenidən formalaşması bu prosesin əsas nəticələrindəndir. Maşın öyrənməsi sistemlərinin sürətlə inkişafı və qərar qəbul etmə proseslərində iştirakı müstəqillik, məsuliyyət və insan təcrübəsinin həqiqiliyi ilə bağlı etik suallar doğurur. Eyni zamanda, artan bir psixoloji narahatlıq var: görəsən, Sİ nəzarətdən çıxaraq insan düşüncəsinin, ideyalarının və yaradıcı qabiliyyətinin dəyərdən düşməsinə səbəb ola bilərmi? Tapşırıqlar asanlaşdıqca, insan beyni Sİ-nin ipuclarından asılı hala gələ və müstəqil düşüncə qabiliyyətini itirə bilər. Məqalədə həmçinin Sİ-yə psixoloji reaksiyalar – mövcudluq narahatlığı, idrak dissonansı və uyğunlaşma davranışları da təhlil olunur. Sonda müəllif qeyd edir ki, insan və süni elementlər arasındakı sərhədlərin silindiyi post-humanist dövrdə insan anlayışının yenidən dəyərləndirilməsinə ciddi ehtiyac var. Bu mövzu həmçinin insan iradəsinin gələcəyi, süni intellektin qərarvermə etikasını və yeni təhsil və mədəniyyət paradigmalarının zəruriliyi barədə daha geniş fəlsəfi müzakirəyə yol açır. Bu araşdırma, Sİ-nin dominant olduğu cəmiyyətlər üçün daha uyğun etik modellər və şəxsiyyət anlayışlarının formalaşmasına töhfə verməyi hədəfləyir.

Açar sözlər: süni intellekt, şüur, şəxsiyyət, etika, post-humanizm, mənəviyyət, psixologiya

ABSTRACT

PHILOSOPHICAL AND PSYCHOLOGICAL IMPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DAILY LIFE: HUMAN CONSCIOUSNESS, PERSONAL IDENTITY, AND MORAL VALUES IN THE POST-HUMANIST ERA

As artificial intelligence (AI) becomes increasingly embedded in everyday life, it not only transforms our external environment but also deeply affects the internal dimensions of human existence. This paper explores the philosophical and psychological consequences of AI integration, particularly its impact on the concept of human consciousness, personal identity, and moral values. By

examining post-humanist thought and recent developments in AI-human interaction, the study reveals how traditional notions of the self are being challenged, redefined, and, in some cases, replaced. The rapid evolution of machine learning systems and their involvement in decision-making processes prompts urgent ethical considerations about autonomy, responsibility, and the authenticity of human experience. A growing psychological concern is the fear that AI could spiral out of control, leading to the erosion of the value of independent thought, creativity, and human reflection. As tasks become easier, there is a risk that the human brain may grow dependent on AI prompts, ultimately losing its cognitive autonomy. The analysis also addresses existential anxiety, cognitive dissonance, and adaptive behaviors in the human-AI relationship. Ultimately, the paper argues that the AI revolution necessitates a reevaluation of what it means to be human, particularly in the post-humanist era, where boundaries between the organic and the artificial are increasingly blurred. This topic also opens a broader philosophical dialogue about the future of human agency, the ethics of artificial decision-making, and the potential need for new educational and cultural paradigms. The findings aim to contribute to the development of new ethical models and identity constructs better suited for the realities of AI-driven societies.

Key words: artificial intelligence, consciousness, identity, ethics, post-humanism, morality, psychology

АННОТАЦИЯ

ФИЛОСОФСКИЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ: ЧЕЛОВЕЧЕСКОЕ СОЗНАНИЕ, ЛИЧНОСТНАЯ ИДЕНТИЧНОСТЬ И МОРАЛЬНЫЕ ЦЕННОСТИ В ПОСТГУМАНИСТИЧЕСКУЮ ЭПОХУ

По мере того как искусственный интеллект (ИИ) всё глубже проникает в повседневную жизнь, он не только трансформирует внешнюю среду, но и оказывает значительное влияние на внутренние аспекты человеческого существования. В данной работе рассматриваются философские и психологические последствия интеграции ИИ, особенно его влияние на понятия человеческого сознания, личной идентичности и моральных ценностей. Исследование основано на идеях постгуманизма и современных подходах к взаимодействию человека и ИИ. Оно показывает, как традиционные представления о «я» подвергаются пересмотру, изменению и даже замещению. Быстрое развитие алгоритмов машинного обучения и их участие в процессе принятия решений порождают серьёзные этические вопросы, касающиеся автономии, ответственности и подлинности человеческого опыта. Всё чаще возникает тревога: не выйдет ли ИИ из-под контроля, не приведёт ли это к обесцениванию человеческой мысли, креатива, способности размышлять самостоятельно? Чем легче становятся задачи, тем выше риск, что человеческий мозг утратит привычку мыслить без подсказок, теряя когнитивную автономию. Работа также анализирует психологические реакции на ИИ, такие как экзистенциальная тревожность, когнитивный диссонанс и адаптивное поведение в условиях сосуществования с ИИ. В заключение утверждается, что ИИ-революция требует переосмысления понятия человека в постгуманистическую эпоху, где границы между живым и

искусственным стираются. Данная тема также открывает более широкий философский диалог о будущем человеческой субъектности, этике решений, принимаемых ИИ, и необходимости новых образовательных и культурных парадигм. Полученные результаты могут способствовать формированию новых этических моделей и идентичностей, более подходящих для ИИ-ориентированных обществ.

Ключевые слова: искусственный интеллект, сознание, идентичность, этика, постгуманизм, мораль, психология

MAŞIN GÖRMƏ ƏSASLI MƏHSUL KEYFİYYƏTİNƏ NƏZARƏT SİSTEMLƏRİ ÜÇÜN İNTELLEKTUAL PROQRAM TƏMİNATI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17204071>

Aytən QASIMOVA MƏSİMLİ

qasimovaayten2002@gmail.com

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye
Universiteti, Bakı, Azərbaycan

Gülgün SALAMZADƏ

salamzadegul15@gmail.com

EDUGrta Təhsil Mərkəzi,
Bakı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Sənaye sahələrində məhsul keyfiyyətinin təmin edilməsi istehsal proseslərinin effektivliyini və rəqabət qabiliyyətini müəyyən edən əsas amillərdən biridir. Ənənəvi nəzarət metodlarının məhdud imkanları və subyektivliyi bu sahədə avtomatlaşdırılmış, yüksək dəqiqlikli texnologiyaların tətbiqini zəruri edir. Bu tezisdə maşın görmə texnologiyalarına əsaslanan məhsul keyfiyyətinə nəzarət sistemləri üçün intellektual proqram təminatının hazırlanması və tətbiqi məsələləri araşdırılır. Tədqiqat çərçivəsində süni intellekt, görüntü emalı və dərin öyrənmə metodlarından istifadə olunmaqla, məhsullardakı qüsurların avtomatik aşkarlanmasını və təsnifatını həyata keçirən bir proqram təminatı prototipi hazırlanmışdır. Təklif edilən sistemin real istehsal mühitlərində sınaqdan keçirilməsi nəticəsində onun məhsul keyfiyyətinə nəzarətdə operativlik, dəqiqlik və davamlılıq baxımından yüksək nəticələr göstərdiyi müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: Maşın Görmə Sistemləri, Məhsul Keyfiyyətinə Nəzarət, Süni İntellekt, Görüntü Emalı, Dərin Öyrənmə, Avtomatlaşdırılmış Nəzarət Sistemləri

Giriş

Müasir sənaye sistemlərində məhsul keyfiyyətinin nəzarətdə saxlanılması və davamlı şəkildə təkmilləşdirilməsi müəssisələrin rəqabət qabiliyyətini qoruması və müştəri məmnuniyyətini təmin etməsi baxımından olduqca əhəmiyyətlidir. Sürətlə inkişaf edən texnologiyalar fonunda Süni İntellekt və Maşın Görmə sahəsində əldə edilən nailiyyətlər, keyfiyyətə nəzarətin avtomatlaşdırılması üçün geniş imkanlar açır. Xüsusilə Görüntü Emalı və Dərin Öyrənmə metodlarının tətbiqi, məhsullardakı qüsurların daha dəqiq, sürətli və davamlı şəkildə aşkarlanmasına şərait yaradır.

Bu tezisnin əsas məqsədi, maşın görmə texnologiyalarına əsaslanan məhsul keyfiyyətinə nəzarət sistemləri üçün intellektual proqram təminatının hazırlanması və onun real istehsalat şəraitində tətbiq imkanlarının araşdırılmasıdır. Hazırlanacaq proqram təminatı Süni İntellekt alqoritmləri və Görüntü Emalı üsullarından istifadə etməklə, məhsul səthindəki qüsurları avtomatik olaraq müəyyənləşdirmək və onları kateqoriyalara ayırmaq qabiliyyətinə malik olacaqdır.

Maşın Görmə texnologiyaları

Məhsul keyfiyyətinə nəzarət sistemlərində yüksək dəqiqlik və sürət təmin etmək məqsədilə Maşın Görmə texnologiyaları geniş tətbiq olunur. Bu texnologiyalar obyektləri tanıma, hərəkət izləmə, xüsusiyyət çıxarma və qüsurların aşkarlama kimi müxtəlif prosesləri yerinə yetirir. Optik alətlər və kamera vasitəsilə əldə edilən görüntüləri emal edərək, onların xüsusiyyətlərini müvafiq olaraq təhlil edir. Görüntü emalı texnologiyaları isə bu şəkilləri daha asanlıqla analiz edilə bilən məlumatlara çevirir. Bu sahə son illərdə sənaye, tibbi

görüntüləmə və təhlükəsizlik kimi sahələrdə böyük inkişaf əldə etmişdir. Maşın görmə texnologiyalarının sənayedə tətbiqi məhsul keyfiyyətinə nəzarət, xətt avtomatlaşdırılması və proses izləmə kimi mühüm sahələrdə yüksək dəqiqlik və sürət təmin edir.

Süni İntellekt və Maşın Görmə integrasiyası

Maşın Görmə Sistemlərinin inkişafı ilə yanaşı, Süni İntellekt (AI) texnologiyalarının tətbiqi bu sahəni daha da irəlilətməmişdir. Süni İntellekt alqoritmləri, əldə edilən görüntü məlumatlarını analiz edərək, insan müdaxiləsi olmadan məhsul keyfiyyətini qiymətləndirir və qeyri-dəqiqlikləri təhlil edir. Bu, məhsul keyfiyyətinin avtomatik qiymətləndirilməsini və təkmilləşdirilməsini təmin edir.

Avtomatlaşdırılmış Keyfiyyət Nəzarəti

Maşın Görmə əsaslı keyfiyyət nəzarəti sistemləri avtomobil, elektronika, qida emalı və ya məişət texnikası kimi istehsal sahələrində məhsulun hər bir mərhələsini izləyir. Bu sistemlər, məhsulun hər bir hissəsinin düzgün yığılmasını və işlək vəziyyətə gətirilməsini təmin edərək istehsal prosesində insan faktoru ilə bağlı riskləri minimuma endirir. Bu tip sistemlər, həmçinin istehsal xəttində hər hansı bir qüsurun səbəb olacağı zərərinin qarşısını almağa kömək edir.

Avtomatik təhlil və təsnifat

Bir kameranın çəkdiyi şəkil əsasında, Maşın Görmə Sistemi qüsurları aşkar edə bilər, rəng dəyişikliklərini və ölçü uyğunluqlarını yoxlaya bilər. Bu cür texnologiyalar nəticəsində, istehsal prosesində heç bir məhsulun qaçırılmadığından və ya yanlış qiymətləndirilmə aparılmadığından əmin olmaq mümkündür.

İnkişaf və gələcək perspektivlər

Maşın görmə əsaslı keyfiyyətə nəzarət sistemləri gələcəkdə daha da inkişaf edəcək və yeni texnologiyalarla daha da təkmilləşəcəkdir. Yenilikçi sahələrdə, məsələn, robotiklər, Əşyaların İnterneti (IoT) və Böyük Verilənlər (Big Data) integrasiyası ilə bu sistemlərin daha da effektivləşdirilməsi mümkündür.

Kamera təchizatının keyfiyyəti və məlumatın təhlilindəki mürəkkəbliklər kimi maneələr olur ki, bu problemləri aradan qaldırmaq üçün daha inkişaf etmiş texnologiyalar və optimallaşdırılmış alqoritmlər tətbiq oluna bilər. Həmçinin, müxtəlif növ məhsul və materialların analizinə imkan verən çoxsaylı görmə üsullarının integrasiyası, sistemin əhatə dairəsini genişləndirə bilər.

Nəticə

Bu tezis çərçivəsində hazırlanmış intellektual proqram təminatı, sənaye sahələrində məhsul keyfiyyətinə nəzarətin avtomatlaşdırılması istiqamətində mühüm addım olmaqla yanaşı, istehsal proseslərinin səmərəliliyinin artırılmasına və insan əməyinin yükünün azaldılmasına da töhfə verir. Gələcək tədqiqatlar bu cür sistemlərin daha mürəkkəb qüsurların növlerini tanıması və müxtəlif məhsul növlərinə adaptasiya olunması istiqamətində genişləndirilə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
2. Szeliski, R. (2010). Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer.
3. Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). Digital Image Processing (4th ed.). Pearson.

4. Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer.
5. Davies, E. R. (2012). Computer and Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities (4th ed.). Academic Press.
6. Russ, J. C. (2011). The Image Processing Handbook (6th ed.). CRC Press.
7. Zhang, Z. (2020). A review of deep learning-based defect detection in industrial applications. Artificial Intelligence Review, 53(6), 4093–4121.
8. Li, Y., & Wang, L. (2019). Applications of computer vision in manufacturing. Procedia Manufacturing, 39, 1111–1118.
9. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. Nature, 521(7553), 436–444.
10. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 770–778.

ABSTRACT

Aytan Gasimova Masimli
Gulgun Salamzada

INTELLIGENT SOFTWARE FOR MACHINE VISION-BASED PRODUCT QUALITY CONTROL SYSTEMS

Product quality assurance plays a vital role in enhancing the efficiency of manufacturing processes and maintaining a competitive edge in industrial sectors. Due to the inherent limitations and subjectivity of conventional inspection methods, there is a growing need for automated and highly accurate technological solutions. This thesis focuses on the design and deployment of intelligent software tailored for product quality control systems that leverage machine vision technologies. As part of the study, a software prototype was developed incorporating artificial intelligence, image processing, and deep learning techniques to enable automatic detection and classification of product defects. Experimental evaluations conducted in real manufacturing environments revealed the system's strong performance in terms of speed, precision, and reliability.

Keywords: Machine Vision Systems, Product Quality Control, Artificial Intelligence, Image Processing, Deep Learning, Automated Control Systems

SÜNİ İNTELLEKTDƏN İSTİFADƏ EDƏN QIYMƏTLƏNDİRMƏ SİSTEMLƏRİNİN ÜSTÜNLÜKLƏRİ VƏ RİSKLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17204080>

Hamlet Quliyev¹

<https://orcid.org/0009-0004-5031-5358>,

hamletquliyev51@gmail.com

Bakı Dövlət Universiteti

Zümrüd Səfərova²

<https://orcid.org/0009-0005-2398-991X>,

safarovazumrud@ndu.edu.az

² Naxçıvan Dövlət Universiteti

Xülasə

Süni intellektdən istifadə edən qiymətləndirmə sistemləri təhsil, işə qəbul, performans analizi kimi sahələrdə obyektivlik və effektivlik baxımından mühüm üstünlüklər təqdim edir. Bu texnologiyalar sürətli və dəqiq qiymətləndirmə aparmaqla insan faktorundan doğan qərəzliliyi azalda bilər. Eyni zamanda, böyük həcmdə məlumatı təhlil edərək fərdi potensialı daha düzgün müəyyənəlməyə imkan yaradır.

Lakin bu sistemlərin istifadəsi müəyyən risklər də daşıyır. Məlumatların keyfiyyətsiz və ya qeyri-obyektiv olması nəticəsində nəticələrdə qərəz yarana bilər. Əgər süni intellekt düzgün təlimləndirilməyibsə, mövcud stereotipləri və ayrışdırıcılığı təkrarlamaq bilər. Bundan başqa, şəxsi məlumatların gizliliyi və etik məsələlər də ciddi müzakirə mövzudur.

Nəticə etibarilə, süni intellektə əsaslanan qiymətləndirmə sistemləri düzgün tətbiq olunduqda faydalı ola bilər, lakin onların ədalətli və şəffaf şəkildə işləməsi üçün nəzarət mexanizmləri və etik standartlar vacibdir.

Açar sözlər: Süni intellekt, qiymətləndirmə sistemləri, performans analizi, məlumatların təhlükəsizliyi

Giriş.

Son illərdə texnoloji inkişaf təhsil sistemində dərin dəyişikliklərə səbəb olmuş, xüsusilə süni intellektin tədris və öyrənmə proseslərinə inteqrasiyası geniş vüsət almışdır. Təhsildə rəqəmsallaşmanın artması və fərdi yanaşma ehtiyacının aktuallaşması, qiymətləndirmə proseslərini də yeni yanaşmalara ehtiyac duyulan bir sahəyə çevirmişdir. Ənənəvi qiymətləndirmə metodları çox zaman subyektivlik, zaman itkisi və miqyaslanma bilmə problemləri ilə qarşılaşdığı halda, süni intellekt əsaslı yanaşmalar bu çatışmazlıqları aradan qaldırmaq potensialına malikdir.

Süni intellekt alqoritmləri vasitəsilə tələbələrin fəaliyyətlərini təhlil etmək, individual inkişaf dinamikasını izləmək, avtomatlaşdırılmış qiymətləndirmə aparmaq və daha ədalətli qiymətləndirmə sistemləri yaratmaq mümkündür. Bu isə yalnız təhsil keyfiyyətini artırmaqla kifayətlənmir, həm də müəllimlərin iş yükünü azaldır və öyrənmə prosesini daha şəffaf və səmərəli edir.

Bu tədqiqatın məqsədi süni intellektin qiymətləndirmə sistemlərində tətbiq imkanlarını, bu texnologiyanın üstünlüklərini və potensial risklərini araşdırmaq, həmçinin müxtəlif Sİ yanaşmalarının qiymətləndirmə praktikasına inteqrasiya modellərini təhlil

etməkdir. Eyni zamanda, tədqiqat süni intellektin ədalətli, şəffaf və fərdiləşdirilmiş qiymətləndirmə imkanları yaratmaq potensialını dəyərləndirməyi qarşısına məqsəd qoyur.

Ənənəvi qiymətləndirmə sistemlərinin məhdudiyyətləri

Ənənəvi qiymətləndirmə sistemləri uzun illərdir təhsildə əsas meyar olaraq istifadə olunur. Bu sistemlərə əsasən tələbələr yazılı testlər, şifahi imtahanlar və ya müəllim müşahidələri vasitəsilə qiymətləndirilir. Lakin bu yanaşma bir sıra ciddi məhdudiyyətlərə malikdir və çağdaş təhsil mühitinin tələblərini tam qarşılamır.

Əvvəla, subyektivlik və insan faktoru qiymətləndirmənin etibarlılığına və ədalətliliyinə mənfi təsir göstərə bilər. Müəllimlərin şəxsi təəssüratları, yorğunluq və ya qeyri-obyektiv yanaşmaları nəticəsində tələbələrin bilik səviyyəsi tam dəqiq qiymətləndirilə bilməz. Bu isə tələbələrin potensialını düzgün əks etdirməyən nəticələrə səbəb ola bilər.

İkincisi, çox vaxt aparan və resurs tələb edən proseslər ənənəvi sistemlərin əsas çatışmazlıqlarındandır. Yazılı işlərin yoxlanması, xüsusilə böyük tələbə qruplarında, müəllimlər üçün əlavə iş yükü yaradır və qiymətləndirmə prosesini ləngidir. Bu, operativ və davamlı qiymətləndirmənin qarşısını alır.

Üçüncüsü, təkrar istifadə edilən və standart test formaları tələbələrin yalnız yaddaş əsaslı biliklərini ölçməyə yönəlmiş olur və yüksək səviyyəli düşünmə bacarıqlarını (analitik düşüncə, problem həll etmə, yaradıcılıq və s.) qiymətləndirməkdə kifayət qədər effektiv deyil. Bu səbəbdən, tələbələrin əsl bacarıqları və inkişaf səviyyələri gözəndən qaça bilər.

Bundan əlavə, ənənəvi qiymətləndirmə sistemləri fərdiləşdirilməmişdir – yəni bütün tələbələr eyni formada və eyni zamanda qiymətləndirilir. Halbuki, tələbələrin öyrənmə sürəti və üslubu fərqli ola bilər və bu fərqliliklərin nəzərə alınmaması təhsil prosesinin keyfiyyətinə mənfi təsir edir.

Nəhayət, bu sistemlər diaqnostik və formativ qiymətləndirməyə kifayət qədər imkan vermir. Yəni qiymətləndirmə prosesi daha çox yekun nəticələrə fokuslandığı üçün tələbənin inkişaf prosesi boyunca qarşılaşdığı çətinliklər, boşluqlar və inkişaf potensialı lazımı səviyyədə aşkar olunmur.

Bu məhdudiyyətlər, müasir təhsil sistemində daha çevik, ədalətli və adaptiv qiymətləndirmə yanaşmalarına olan ehtiyacı ortaya çıxarır. Süni intellekt isə bu sahədə potensial həll vasitəsi kimi çıxış edir.

Süni intellektin təhsil sisteminə gətirdiyi yeniliklər

Süni intellekt (Sİ) son onillikdə təhsil sahəsində əsas transformativ texnologiyalardan birinə çevrilmişdir. Ənənəvi tədris və qiymətləndirmə metodlarının yerini getdikcə daha çevik, fərdiləşdirilmiş və analitik əsaslı yanaşmalar tutur. Bu dəyişikliklərin əsas səbəbkarlarından biri də süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi ilə təhsil sisteminə daxil olan yeniliklərdir.

Əvvəla, Sİ fərdiləşdirilmiş öyrənməni mümkün etmişdir. Müxtəlif alqoritmlər tələbələrin öyrənmə davranışlarını və nəticələrini təhlil edərək onların ehtiyaclarına uyğun fərdi tədris planları hazırlaya bilər. Bu isə hər bir tələbəyə öz tempində və öz öyrənmə üslubuna uyğun inkişaf imkanı verir.

İkinci əsas yenilik intellektual tədris sistemləri (ITS – Intelligent Tutoring Systems) vasitəsilə tələbəyə real vaxt rejimində geri bildirim verilməsidir. Bu sistemlər müəllim iştirakına ehtiyac olmadan tələbələrin səhvlərini analiz edir, yönləndirici suallar təqdim

edir və dərkətməni dəstəkləyir. Belə texnologiyalar həm də müəllimlərin yükünü azaldaraq təhsilin keyfiyyətini artırır.

Sİ həmçinin avtomatlaşdırılmış qiymətləndirmə imkanlarını genişləndirmişdir. Əvvəllər yalnız test formatında mümkün olan avtomatik yoxlamalar, bu gün artıq açıq cavablı esse, təqdimat və proqramlaşdırma tapşırıqlarında da tətbiq edilir. Bu texnologiya həm vaxt itkisini minimuma endirir, həm də qiymətləndirmədə daha obyektiv yanaşma təmin edir.

Digər bir mühüm yenilik öyrənmə analitikası sahəsində özünü göstərir. Sİ alətləri tələbələrin fəaliyyətlərini izləyərək, onların zəif və güclü tərəflərini müəyyənləşdirir, erkən xəbərdarlıq sistemləri ilə riskli tələbələri vaxtında müəyyən edir və onların uğursuzluğunun qarşısını almağa şərait yaradır.

Eyni zamanda, NLP (Natural Language Processing – Təbii Dilin Emalı) texnologiyaları vasitəsilə tələbə-müəllim, tələbə-platforma qarşılıqlı əlaqəsi daha dinamik və təbii şəkildə qurulur. Məsələn, ChatGPT kimi sistemlər tələbələrin suallarını cavablandırmaqla yanaşı, onlara yazı yazmaqda, layihə planlaşdırmaqda və biliklərini dərinləşdirməkdə kömək edir.

Süni intellekt həmçinin inklüziv təhsilin dəstəklənməsində mühüm rol oynayır. Eşitmə, görmə və ya öyrənmə çətinliyi olan tələbələr üçün fərqli yardımçı texnologiyalar (məsələn, danışiq tanıma, mətn oxuma, jest tanıma və s.) onların təhsildə iştirakını artırır.

Bütün bu yeniliklər süni intellektin təhsil sisteminə yalnız texniki deyil, həm də pedaqoji baxımdan ciddi təsir göstərdiyini sübut edir. Əldə olunan nəticələr göstərir ki, Sİ əsaslı yanaşmalar həm öyrənmənin keyfiyyətini artırır, həm də təhsil prosesini daha ədalətli və inklüziv edir.

Tətbiq sahələri və praktiki misallar

Süni intellektin qiymətləndirmə sistemlərinə inteqrasiyası təhsil sahəsində bir sıra praktiki tətbiq sahələrini əhatə edir. Bu texnologiyalar vasitəsilə tələbələrin biliyinin daha obyektiv, sürətli və fərdiləşdirilmiş şəkildə qiymətləndirilməsi mümkün olur. Aşağıda süni intellektin qiymətləndirmə prosesində istifadəsinə dair əsas tətbiq sahələri və real misallar təqdim olunur:

• Avtomatlaşdırılmış esse və yazılı işlərin qiymətləndirilməsi

Süni intellekt əsaslı qiymətləndirmə alətləri, məsələn ETS-in “e-rater” sistemi və Turnitin-in “Gradescope AI” platforması, tələbələrin esse və yazılı işlərini dilin qrammatikası, məzmunun uyğunluğu və məntiqi axını əsasında avtomatik şəkildə təhlil edib qiymətləndirə bilir. Bu, xüsusilə böyük qruplarda müəllimlərin iş yükünü azaldır və obyektivlik səviyyəsini artırır.

Misal olaraq, *Amerika universitetlərində bəzi müəllimlər yazılı tapşırıqların ilkin yoxlanmasını Gradescope vasitəsilə aparır, AI sistem isə tələbənin yazısında struktur, dəstək arqumentlər və plagiat əlamətləri kimi aspektləri təhlil edir.*

• Test və çoxseçimli sualların avtomatik qiymətləndirilməsi

Süni intellekt əsaslı öyrənmə idarəetmə sistemləri (məsələn, Moodle, Blackboard və Google Classroom) daxilində yerləşdirilən qiymətləndirmə modulları tələbələrin cavablarını real vaxtda yoxlayaraq dərhal nəticə verir. Bu, dərhal geribildirim və təkrar öyrənmə fürsəti yaradır.

Misal olaraq, *Coursera və edX kimi onlayn təhsil platformalarında tələbələrin verdiyi cavablar AI ilə yoxlanılır və platforma zəif mövzuları təkrar tövsiyə edir.*

• **Plagiatın aşkarlanması və orijinallıq təhlili**

Plagiatın aşkarlanması üçün istifadə olunan sistemlər (məsələn, Turnitin, Unicheck) süni intellekt və NLP texnologiyaları ilə təchiz olunmuşdur. Bu sistemlər mətnin strukturunu, ifadə tərzini və məzmun uyğunluğunu təhlil edərək tələbənin işi ilə digər mənbələr arasındakı oxşarlıqları müəyyən edir. Məsələn, *Azərbaycan və Türkiyə universitetlərində diplom işlərinin və elmi məqalələrin orijinallığı Turnitin vasitəsilə yoxlanılır və bu sistem AI-nin güclü təhlil funksiyalarına əsaslanır.*

• **Fərdiləşdirilmiş qiymətləndirmə və adaptiv testlər**

Sİ adaptiv qiymətləndirmə alqoritmləri vasitəsilə tələbənin əvvəlki nəticələrinə əsaslanaraq sualın çətinliyini tənzimləyə bilər. Bu yanaşma tələbənin bilik səviyyəsini daha dəqiq müəyyən etməyə imkan verir.

Məsələn, *Khan Academy və Duolingo platformaları istifadəçinin cavablarını təhlil edərək növbəti tapşırıqların çətinliyini avtomatik şəkildə fərdiləşdirir.*

• **Əlaqəli diaqnostik və formatik qiymətləndirmə**

AI sistemləri yalnız yekun qiymət verməklə kifayətlənmir, həm də tələbənin inkişaf yolunu təhlil edərək diaqnostik məlumatlar təqdim edir. Bu, müəllimə tələbənin zəif və güclü tərəflərini anlamağa, vaxtında müdaxilə etməyə və yönləndirici dəstək verməyə şərait yaradır.

Məsələn, *"Squirrel AI" adlı Çin mənşəli adaptiv təhsil sistemi tələbənin cavablarını və davranışlarını təhlil edərək, hər bir mövzu üzrə onun anlayış səviyyəsini proqnozlaşdırır və fərdi tədris planı yaradır.*

Bu praktiki tətbiqlər göstərir ki, süni intellekt təhsildə yalnız texnoloji yenilik deyil, həm də pedaqoji baxımdan çevik, ədalətli və fərdiləşdirilmiş qiymətləndirmə mühitinin əsas komponentinə çevrilməkdədir.

• **İnsan və süni intellekt əsaslı qiymətləndirmənin müqayisəsi**

Qiymətləndirmə prosesi təhsilin əsas komponentlərindən biri olaraq tələbənin bilik və bacarıqlarının obyektiv və etibarlı şəkildə ölçülməsini hədəfləyir. Bu proses uzun illər ərzində əsasən müəllimlərin – yəni insan faktorunun – nəzarətində həyata keçirilmişdir. Lakin süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının inkişafı ilə qiymətləndirmə sahəsində alternativ və tamamlayıcı modellər formalaşmağa başlamışdır. Aşağıda insan və Sİ əsaslı qiymətləndirmənin əsas fərqləri və üstünlükləri müqayisəli şəkildə təqdim olunur.

✓ **Obyektivlik və qərəzsizlik**

- İnsan əsaslı qiymətləndirmə çox zaman subyektivliyə meylli olur. Müəllimin emosional vəziyyəti, tələbə ilə münasibəti və ya digər şəxsi faktorlar qiymətləndirmənin nəticəsinə təsir edə bilər.

- Süni intellekt əsaslı qiymətləndirmə isə əvvəlcədən müəyyən olunmuş alqoritmlər və kriteriyalar əsasında işlədiyi üçün obyektivliyi və ardıcılığı təmin etməyə meyllidir. Bu xüsusilə çoxseçimli testlər və strukturlu tapşırıqlarda effektivdir.

✓ **Ölçülə bilən sürət və effektivlik**

- İnsanlar tərəfindən aparılan qiymətləndirmə xüsusilə böyük tələbə qruplarında zaman və resurs baxımından sərfəlidir. Əl ilə yazılmış esse və layihələrin yoxlanması uzun vaxt tələb edir.

- Sİ isə saniyələr ərzində cavabları təhlil edib qiymət verə bilər. Bu, həm müəllimin iş yükünü azaldır, həm də tələbənin dərhal geribildirim almasını təmin edir.

✓ **Analitik və formatik qiymətləndirmə bacarığı**

• Müəllimlər tələbənin ümumi inkişaf trayektoriyasını təxmin edə bilsə də, bu, daha çox müşahidələrə və təcrübəyə əsaslanır.

• Sİ alətləri isə diaqnostik qiymətləndirmə vasitəsilə tələbənin öyrənmə nümunələrini təhlil edir, zəif tərəflərini müəyyənləşdirir və fərdiləşdirilmiş tövsiyələr təqdim edir. Bu yanaşma davamlı təkmilləşmə üçün mühüm imkanlar yaradır.

✓ **Adaptivlik və fərdiləşdirmə**

• İnsan müəllimlər fərdi yanaşma göstərsələr də, çox sayda tələbə ilə işləyərkən bu adaptivliyi eyni səviyyədə qorumaq çətin olur.

• Sİ isə fərdiləşdirilmiş qiymətləndirmə və adaptiv test modelləri ilə tələbənin səviyyəsinə uyğun suallar təqdim edir və onun bilik boşluqlarını real vaxtda təhlil edə bilir.

✓ **Empatiya və kontekstual anlayış**

• İnsan müəllim empatiya qurmaq, tələbənin vəziyyətini, kontekstini, emosional durumunu anlamaq qabiliyyətinə malikdir. Bu, qiymətləndirməyə daha insani yanaşma gətirir.

• Sİ isə bu sahədə məhduddur – sistemlər kontekstual və emosional faktorlara qarşı həssas deyil və qeyri-standart cavabları qiymətləndirməkdə çətinlik çəkə bilər.

✓ **Etika və məsuliyyət**

• İnsan əsaslı qiymətləndirmədə qərarın məsuliyyəti müəllimə aiddir.

• Sİ əsaslı qiymətləndirmədə isə qərarların şəffaflığı və alqoritmik ədalət məsələsi aktuallaşır. Əgər sistemdə qərəzli məlumatlar və ya səhv alqoritmlər varsa, bu, ədalətsiz nəticələrə səbəb ola bilər.

Nəticə

İnsan və süni intellekt əsaslı qiymətləndirmənin hər birinin özünəməxsus üstünlükləri və məhdudiyyətləri mövcuddur. Optimal yanaşma bu iki modelin hibrid şəkildə istifadəsidir: yəni AI alətlərindən sürət və obyektivlik üçün istifadə olunması, insan müəllimlərin isə etik, emosional və kontekstual qərarvermədə iştirak etməsi. Bu balanslı yanaşma həm təhsilin keyfiyyətini artırır, həm də tələbənin inkişafını daha dəqiq və ədalətli şəkildə dəyərləndirməyə imkan verir.

Ədəbiyyat

1. Anderson, J. R., Corbett, A. T., Koedinger, K. R., & Pelletier, R. (1995). *Cognitive tutors: Lessons learned*. The Journal of the Learning Sciences, 4(2), 167–207. https://doi.org/10.1207/s15327809jls0402_2
2. Shermis, M. D., & Burstein, J. (Eds.). (2013). *Handbook of Automated Essay Evaluation: Current Applications and New Directions*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203122761>
3. Siemens, G., & Baker, R. S. (2012). *Learning analytics and educational data mining: Towards communication and collaboration*. In Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge (pp. 252–254). <https://doi.org/10.1145/2330601.2330661>
4. Kasneci, E., Sessler, K., Kübler, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., & Horz, H. (2023). *ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for*

- education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274.
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
5. Zou, D., Wang, F. L., & Xing, R. (2023). *A systematic review of research on ChatGPT in education: Trends, applications, and future directions*. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11764-8>
 6. Williamson, B., & Eynon, R. (2020). *Historical threads, missing links, and future directions in AI in education*. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 223–235.
<https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1798995>
 7. Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson Education. [Available online at: <https://www.pearson.com/content/dam/one-dot-com/one-dot-com/global/Files/about-pearson/innovation/open-ideas/Intelligence-Unleashed-Publication.pdf>]

RIYAZI STATİSTİKA VƏ DATA ELMİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17204087>

Xalidə Muradova

xali-77@mail.ru

ADİU

Xülasə

Riyazi statistika və data elmi müasir elmi tədqiqatların, sənaye və texnologiya sahələrinin inkişafında əsas rol oynayan iki fundamental sahədir. Riyazi statistika ehtimal nəzəriyyəsinə əsaslanaraq müşahidə olunan hadisələr arasında qanunauyğunluqları tapmağa, modellər qurmağa və nəticələri təhlil etməyə imkan verir. Data elmi isə böyük həcmdə məlumatların toplanması, təmizlənməsi, təhlili və vizualizasiyası proseslərini əhatə edən multidissiplinar sahə kimi statistik metodlarla yanaşı, proqramlaşdırma və süni intellekt alətlərindən də geniş istifadə edir. Bu məqalədə riyazi statistikanın əsas anlayışları — ehtimal bölgüləri, hipotez yoxlaması, parametrlərin qiymətləndirilməsi və onların data elminin müxtəlif sahələrində tətbiqinə diqqət yetiriləcək. Eyni zamanda data elmdə istifadə olunan ənənəvi statistik metodların müasir maşın öyrənməsi alqoritmləri ilə necə inteqrasiya olunduğu da izah ediləcək. Mövzular real həyatdan götürülmüş nümunələr və tətbiqlərlə zənginləşdirilərək statistik analizlərin biznes, səhiyyə və texnologiya sahələrində necə qərarvermə alətinə çevrildiyi göstəriləcək. Nəticədə, bu təqdimat riyazi statistikanın və data elminin birgə gücünün elmi araşdırmalarda və praktiki tətbiqlərdə necə istifadə olunduğunu aydın şəkildə nümayiş etdirəcəkdir.

Açar sözlər: *riyazi statistika, data elmi, statistik analiz, ehtimal nəzəriyyəsi*

Математическая статистика и наука о данных

Халида Фирдовси кызы Мурадова

Доктор философии по экономике

Старший преподаватель кафедры математики и статистики

Азербайджанский государственный экономический университет (ADİU)

E-mail: xali-77@mail.ru

Резюме

Математическая статистика и наука о данных — две фундаментальные области, играющие ключевую роль в развитии современных научных исследований, промышленности и технологий. Математическая статистика, опираясь на теорию вероятностей, позволяет выявлять закономерности между наблюдаемыми явлениями, строить модели и анализировать результаты. Наука о данных — это междисциплинарная область, охватывающая процессы сбора, очистки, анализа и визуализации больших объемов информации с использованием статистических методов, а также инструментов программирования и искусственного интеллекта.

В данной статье особое внимание будет уделено основным понятиям математической статистики — распределениям вероятностей, проверке гипотез, оценке параметров и их применению в различных сферах науки о данных. Также будет рассмотрено, как традиционные статистические методы интегрируются с современными алгоритмами машинного обучения. Темы будут проиллюстрированы реальными примерами и практическими приложениями, чтобы показать, как статистический анализ используется как инструмент принятия решений в бизнесе, здравоохранении и технологиях. В результате данная работа наглядно демонстрирует, как синергия математической статистики и науки о данных используется в научных исследованиях и практике.

Ключевые слова: *математическая статистика, наука о данных, статистический анализ, теория вероятностей, машинное обучение*

Mathematical statistics and data science

Khalida Firdovsi gizi Muradova

Doctor of Philosophy in Economics

Senior Lecturer, Department of Mathematics and Statistics

Azerbaijan State University of Economics (ADİU)

E-mail: xali-77@mail.ru

Summary

Mathematical statistics and data science are two fundamental fields playing a central role in the advancement of modern scientific research, industry, and technology. Mathematical statistics, based on probability theory, enables the identification of patterns among observed phenomena, the construction of models, and the analysis of results. Data science, as a multidisciplinary field, encompasses processes such as data collection, cleaning, analysis, and visualization, using not only statistical methods but also

programming and artificial intelligence tools. This paper focuses on the core concepts of mathematical statistics — probability distributions, hypothesis testing, parameter estimation — and their applications across various domains of data science. It also explores how traditional statistical techniques are integrated with modern machine learning algorithms. The topics are enriched with real-life examples and applications to demonstrate how statistical analysis becomes a vital decision-making tool in business, healthcare, and technology. Ultimately, this presentation clearly illustrates how the combined power of mathematical statistics and data science can be effectively utilized in scientific research and practical implementations.

Key words: *mathematical statistics, data science, statistical analysis, probability theory, machine learning*

Aktuallıq. Müasir dövrdə informasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı və rəqəmsal transformasiya bütün sahələrdə məlumatın həcmnin və çeşidinin əhəmiyyətli dərəcədə artmasına səbəb olmuşdur. Bu məlumatların səmərəli toplanması, saxlanması, təhlili və emalı yeni elmi yanaşmalar və alətlər tələb edir. Riyazi statistika və data elmi məhz bu ehtiyaca cavab verən, böyük verilənlərin idarə olunması və təhlilində mühüm vasitə kimi çıxış edən sahələrdir. Onların tətbiqi yalnız elmi araşdırmalarda deyil, həm də biznes, səhiyyə, sənaye, sosial və humanitar sahələrdə böyük önəm kəsb edir. Riyazi statistika ənənəvi olaraq ehtimal nəzəriyyəsi əsasında müşahidə olunan hadisələr arasında qanunauyğunluqları aşkar etmək, statistik modellər qurmaq və nəticələrin dəqiqliklə qiymətləndirilməsi məqsədilə istifadə olunur. Lakin global informasiya axınının həcmnin sürətlə artması, verilənlərin müxtəlif formatlarda və mürəkkəb strukturlarda toplanması statistik metodların təkmilləşdirilməsi və yeni yanaşmaların tətbiqini zəruri edir. Data elmi isə bu prosesin daha geniş və multidissiplinar aspektlərini əhatə edir. Burada statistik analizlə yanaşı, maşın öyrənməsi, süni intellekt, məlumatların vizualizasiyası, proqramlaşdırma və məlumat mühəndisliyi kimi sahələr inteqrasiya olunur. Bu isə mürəkkəb verilənlər üzərində daha dərin, sürətli və dəqiq nəticələrin əldə edilməsinə imkan yaradır. Müasir dövrdə riyazi statistika və data elminin birlikdə tətbiqi elmi araşdırmaların keyfiyyətini yüksəltmək, mürəkkəb real dünya problemlərini həll etmək və biznes qərarlarının effektivliyini artırmaq üçün vacib şərtidir. Bu sahələrin inkişafı və yeni metodların tətbiqi iqtisadiyyatın rəqəmsallaşdırılması, səhiyyədə diaqnostika və proqnozlaşdırma, nəqliyyat sistemlərinin optimallaşdırılması və digər sahələrdə rəqabət qabiliyyətinin artırılmasına şərait yaradır. Buna görə də, riyazi statistikanın əsas anlayışlarının və müasir data elmi metodlarının öyrənilməsi, onların real tətbiqlərdə necə effektiv istifadə olunmasının araşdırılması aktuallığını itirmir və gələcək elmi inkişafın əsas istiqamətlərindən biri kimi qalır.

Məqsəd. Bu məqalənin əsas məqsədi riyazi statistikanın fundamental prinsiplərini və data elminin müasir metodlarını dərinlən araşdıraraq, onların qarşılıqlı integrasiyasının imkanlarını və tətbiq sahələrini sistemli şəkildə təqdim etməkdir. Məqsəd olaraq, ehtimal nəzəriyyəsi, statistik modelləşdirmə, hipotez yoxlaması, parametrlərin qiymətləndirilməsi kimi klassik riyazi-statistik anlayışların böyük verilənlərin təhlilində, maşın öyrənməsi və süni intellekt sahələrində necə tətbiq olunduğunu izah etmək durur. Bundan əlavə, məqalə müasir dövrdə informasiya texnologiyalarının inkişafı ilə əlaqədar yaranan mürəkkəb və müxtəlif tipli verilənlərin emalında riyazi-statistik metodların effektivliyini artırmaq məqsədilə data elminin qabaqcıl üsullarını — maşın öyrənməsi alqoritmləri, verilənlərin vizualizasiyası, proqramlaşdırma yanaşmaları kimi texnologiyaları tətbiq etməyin vacibliyini vurğulayır. Məqalədə həmçinin, bu metodların birləşdirilməsi ilə elmi tədqiqatlarda, biznes analitikalarında, səhiyyə sistemlərində və digər praktik sahələrdə qərar qəbul etmə proseslərinin təkmilləşdirilməsi üçün yeni perspektivlərin açılması əsas hədəf kimi göstərilir. Nəticədə, bu iş riyazi statistika və data elmi sahəsində nəzəri və tətbiqi biliklərin zənginləşdirilməsi, yeni metodologiyaların inkişafı və praktiki tətbiq imkanlarının genişləndirilməsi üçün elmi əsaslar yaratmağa yönəlib. Eyni zamanda, tədqiqatçılar, mütəxəssislər və tələbələr üçün data analizi sahəsində metodik və nəzəri dəstək vermək məqsədi daşıyır.

Metodologiya. Bu məqalədə riyazi statistika və data elminin əsas metodları nəzərdən keçirilir və onların qarşılıqlı integrasiyasına diqqət yetirilir. İlk növbədə, ehtimal nəzəriyyəsi və statistik parametrlərin qiymətləndirilməsi kimi ənənəvi riyazi-statistik üsullar təhlil edilir. Hipotezlərin yoxlanması, statistik modellərin qurulması və sınaqdan keçirilməsi metodları nəzəri əsaslarla birlikdə nümunələr üzərində tətbiq olunur. Data elmi sahəsində isə məlumatların toplanması, təmizlənməsi, transformasiyası və vizualizasiyası kimi mərhələlər praktiki yanaşmalarla izah edilir. Maşın öyrənməsi alqoritmlərinin — nəzarətli və nəzarətsiz öyrənmə metodlarının tətbiqi, həmçinin süni intellektin əsas prinsipləri və onların statistik analizlərlə əlaqəsi təhlil edilir. Model qurulması, qiymətləndirilməsi və optimallaşdırılması üçün Python, R kimi proqramlaşdırma dilləri və onların statistik kitabxanalarından istifadə olunur. Məqalədə həmçinin real verilənlər toplusu üzərində eksperimental işlər aparılaraq riyazi statistika ilə data elmi alətlərinin effektivliyi müqayisə olunur. Bu, elmi tədqiqatlarda və sənaye tətbiqlərində modellərin necə işlədiyini və hansı metodların daha yaxşı nəticə verdiyini göstərmək məqsədilə edilir. Beləliklə, bu işdə həm nəzəri, həm də praktik yanaşmalar birləşdirilərək riyazi statistikanın klassik metodları ilə müasir data elmi alqoritmlərinin sintezi təqdim olunur. Bu metodologiya elmi tədqiqatçılara və praktiki mütəxəssislərə mürəkkəb verilənlərin analizində və qərar qəbul etmə proseslərində güclü alətlər təqdim edir.

Müzakirə. Riyazi statistika və data elminin integrasiyası müasir elmi tədqiqatların və sənaye tətbiqlərinin uğurla icrası üçün zəruri şərtlərdən birinə çevrilmişdir. Əldə olunan nəticələrin təhlili göstərir ki, bu iki sahənin metodlarının birlikdə tətbiqi həm məlumatların

strukturlaşdırılmasına, həm də onların daha effektiv interpretasiyasına şərait yaradır. Müzakirə zamanı ön plana çıxan əsas məsələlərdən biri klassik statistik metodlarla müasir texnoloji alətlərin — xüsusilə də süni intellekt və maşın öyrənməsi modellərinin qarşılıqlı tamamlayıcılığıdır. Ənənəvi statistik analizlər zamanı məlumatlar üzərində modelləşdirmə və nəticələrin əhəmiyyətlik dərəcəsi ön planda olur. Bu yanaşma məlumatların daha dərinədən başa düşülməsini təmin edir, lakin böyük verilənlərdə çevik və avtomatlaşdırılmış analiz ehtiyacını tam ödəyə bilmir. Burada data elminin təqdim etdiyi alqoritmik metodlar və proqramlaşdırma imkanları bu boşluğu doldurur. Bu baxımdan, data elmi riyazi statistikanı daha funksional və tətbiqə yönümlü edir. Müzakirələr zamanı həmçinin nəzərə çarpır ki, statistik metodların maşın öyrənməsi ilə integrasiyası zamanla daha mürəkkəb modellərin qurulmasına və daha yüksək proqnoz gücünə nail olunmasına səbəb olur. Bununla belə, bu integrasiyanın uğurlu alınması üçün nəzəri bazanın güclü olması və statistik nəticələrin düzgün interpretasiya edilməsi vacibdir. Təcrübədə bəzən alqoritmlərin düzgün nəticə verdiyi halda, onların səbəblərini izah etmək çətin olur. Bu isə statistikanın təqdim etdiyi şəffaf modelləşdirmə imkanlarına olan ehtiyacı bir daha göstərir. Son olaraq qeyd olunmalıdır ki, hər iki sahənin özünəməxsus üstünlükləri və məhdudiyyətləri vardır. Riyazi statistika daha çox nəzəri əsaslara və izah olunan modellərə söykənərkən, data elmi daha çox praktik nəticələrə, avtomatlaşdırmaya və yüksək hesablama gücünə əsaslanır. Bu fərqləri anlayaraq və düzgün şəkildə integrasiya edərək, daha güclü və çevik analiz sistemləri qurmaq mümkündür.

Nəticə. Aparılan təhlil və eksperimentlər göstərir ki, riyazi statistikanın ənənəvi metodları ilə data elminin müasir yanaşmaları bir-birini tamamlayaraq mürəkkəb verilənlərin təhlilində yüksək dəqiqlik və effektivlik təmin edir. Ehtimal nəzəriyyəsinə əsaslanan statistik modellər real dünya nümunələrində tətbiq edilərək, müşahidə olunan proseslərin strukturunu və qanunauyğunluqlarını aşkar etməyə imkan verir. Eyni zamanda, maşın öyrənməsi alqoritmlərinin tətbiqi məlumatların böyük həcmində gizli naxışları və əlaqələri aşkarlamaqda mühüm rol oynayır. Təqdim olunan yanaşma həm elmi tədqiqatlarda, həm də biznes, səhiyyə, texnologiya sahələrində qərar qəbul etmə proseslərini təkmilləşdirməyə yardım edir. Məsələn, statistik hipotezlərin yoxlanması və parametrlərin qiymətləndirilməsi metodları tibbdə diaqnostika və proqnozlaşdırma sahəsində geniş tətbiq tapır. Maşın öyrənməsi isə istifadəçi davranışlarının analizi, bazar tendensiyalarının müəyyənəşdirilməsi və istehsal proseslərinin optimallaşdırılması kimi sahələrdə effektiv alət kimi çıxış edir. Bu nəticələr göstərir ki, riyazi statistika və data elminin integrasiyası elmi və praktiki tətbiqlərin geniş spektrində innovativ həllər tapmaq üçün vacibdir. Həmçinin, təqdim olunan metodologiyalar yeni tədqiqatların aparılması və tətbiq sahələrinin genişləndirilməsi üçün zəmin yaradır.

Ədəbiyyat

1. Abbasov, Ə.Ə. (2007). İnformasiyanın intellektual analizi və onun tətbiqləri. Bakı: Bakı Universiteti Nəşriyyatı.
2. Casella, G., & Berger, R. L. (2002). Statistical Inference. Duxbury Press.
3. Cəfərov, R.M. (2013). Statistik üsulların iqtisadi analizdə tətbiqi. Bakı: ADİU nəşriyyatı.
4. Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Springer.
5. Hüseynov, M.Ə. (2016). Riyazi statistikanın əsasları. Bakı: Maarif nəşriyyatı.
6. James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2021). An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. Springer.
7. McKinney, W. (2017). Python for Data Analysis: Data Wrangling with Pandas, NumPy, and IPython. O'Reilly Media.
8. Məmmədov, S.Ə. (2010). Ehtimal nəzəriyyəsi və riyazi statistika. Bakı: ADNSU nəşriyyatı.
9. Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2014). Applied Statistics and Probability for Engineers. Wiley.
10. Provost, F., & Fawcett, T. (2013). Data Science for Business: What You Need to Know About Data Mining and Data-Analytic Thinking. O'Reilly Media.
11. Tan, P.-N., Steinbach, M., & Kumar, V. (2019). Introduction to Data Mining. Pearson.

AUTOMATED APPLE LEAF DISEASE CLASSIFICATION USING DEEP CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS: A COMPARATIVE STUDY ON THE PLANTVILLAGE DATASET

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17204089>

Javanshir Zeynalov¹

cavansirzeynalov@ndu.edu.az

Yigitcan CAKMAK

cakmak02273@gmail.com

Ishak PACAL²

ishakpacal@igdir.edu.tr

¹Department of Electronics and Information Technologies, Faculty of Architecture and Engineering, Nakhchivan State University, AZ 7012, Nakhchivan, Azerbaijan

²Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Igdir University, 76000, Igdir, Turkey

Abstract

The early and accurate identification of plant diseases plays a vital role in ensuring agricultural productivity and food security. In this study, we investigate the effectiveness of state-of-the-art convolutional neural network (CNN) architectures for the automated classification of apple leaf diseases using the PlantVillage Apple dataset. Five high-performance models DenseNet-264, EfficientNet-B4, EfficientNet-B5, Inception-V3, and MobileNet-V3-Large were fine-tuned on expertly labeled images. DenseNet-264 outperformed other models, achieving an accuracy of 98.32%, precision of 97.83%, recall of 98.21%, and an F1-score of 98.02%. Inception-V3 also demonstrated competitive results, while MobileNet-V3-Large offered a compelling balance between accuracy and computational efficiency, making it suitable for deployment on mobile and edge devices. The findings highlight the capability of deep learning to deliver fast, reliable, and objective diagnostics from ordinary field images, significantly reducing the need for manual inspection. This approach holds promises for enhancing disease management, safeguarding crop yield, and supporting precision agriculture.

Key Words: *Apple Disease Detection, Deep Learning, PlantVillage*

1. Introduction

Apples are among the most widely grown fruit crops globally, with a total estimated annual production of about 86 million tons in 2020, reflecting their importance in agriculture. In addition to the sheer amount produced, apples are also important for their nutrient density, containing significant amounts of dietary fiber, vitamins, antioxidants, and other health-promoting factors. Even as apples are agriculturally and nutritionally important, apple production faces challenges from foliar diseases that increasingly impact apple crop yields. Major leaf diseases affecting apples include apple scab, black rot, and cedar apple rust, all of which can have negative impacts on tree health and fruit. For the most part, traditional diagnoses are made using visual inspection which is very labour intensive, subjective and

allows for diagnostic error depending on observer's experience. As global demand for crops continues to increase, along with the need for sustainable farming methods, early and accurate detection of leaf disease has become increasingly important (Rohith et al., 2025) .

In light of these difficulties, artificial intelligence (AI), specifically deep learning (DL), has proven to be a game changer in the diagnostic of plant diseases. Advanced DL architectures, such as Deep Neural Networks (DNNs) or Convolutional Neural Networks (CNNs), are quite adept at visual data analysis and can recognize complex structures and morphology features to ultimately classify plant diseases from images of leaves. Detection methods, such as the polymerase chain reaction (PCR) method, have high specificity, and reliability; however, a PCR typically requires expensive laboratory equipment, trained professionals and, therefore, are often impractical for field-based implementations, given issues with lodging and logistics. DL-based diagnostics and imaging techniques, on the other hand, require only images, allowing for rapid, scalable, and cost-effective detection of disease diagnostics. Traditional machine learning (ML) methods use their own defined features to derive meaning from the data provided and can be used with relatively small datasets, relying on hand-crafted features downstream. In environments that are exceptionally complex, or have high variability, traditional ML methods may not provide the discriminative performance ideal for robust classification. DL takes the approach of learning new hierarchical representations from a raw data response, which allows the model to achieve generalization and flexibility of use. This is particularly valuable when working in low resource conditions for agriculture. (Banjar et al., 2025) .

The current study applies deep learning models that have been trained with transfer learning, a technique that allow domain-specific tasks with limited data to use models that have previously been trained on large-scale datasets. When training deep learning models use transfer learning, this type of training significantly decreases computation time, and enhances model performance & accuracy, particularly in industry areas like agriculture, where labeled datasets of high quality can be difficult to acquire. By using CNN architecture that have been trained on diverse sets of images such as ImageNet, models can successfully learn complex features to classify apple leaf disease effectively. This leads to more robust and efficient models, which aids in advancing the development of applicable tools powered by AI for precision agriculture.

To establish the relevance of this approach, we now turn to a review of prior research conducted in this domain. Pacal et al. conducted a systematic review of 160 studies published between 2020 and 2024 on deep learning-based plant disease detection, focusing on classification, detection, and segmentation tasks. Their review emphasizes the significant advantages of deep learning approaches over traditional methods, particularly in early and accurate disease identification, thereby offering valuable insights for sustainable agriculture (Pacal et al., 2024) . P et al. introduced the WRLSB-HPS algorithm for plant leaf disease detection using the PlantVillage dataset, combining various machine learning techniques such as Logistic Regression, SVM, Naive Bayes, and Random Forest in a weighted ensemble approach to enhance detection accuracy. This method achieved impressive performance, with 98.4% accuracy, 98.2% precision, 97.9% recall, and 97.5% F1-score (P et al., 2025) . Aboelenin et al. proposed a hybrid framework combining Convolutional Neural Networks (CNNs) and

Vision Transformers (ViT) to enhance classification accuracy. The ensemble model, which incorporates VGG16, Inception-V3, and DenseNet20 architectures for global feature extraction and ViT for local feature capture, demonstrated superior performance on two publicly available datasets (Apple and Corn), achieving accuracy rates of 99.24% and 98%, respectively (Aboelenin et al., 2025). Gupta et al. introduced PlantDetectNet, a hybrid deep learning model integrated with the Internet of Things (IoT) to improve plant disease detection. The framework utilized sensor data and images from the PlantVillage dataset, employing techniques like GRU for temporal feature extraction, Depthcat CNN for spatial features, and a Gated ConvNeXt model for enhanced classification. This approach achieved 98.8% accuracy and 95.9% recall, outperforming existing methods and demonstrating scalability and efficiency in plant disease detection (Gupta et al., 2025).

The review of the literature indicates that deep learning methods have significant benefits for plant disease detection, and with improvements over traditional methods. When trained on big datasets, these methods can accurately identify diseases in plants. The largest advantages included early detection, accuracy, cost, and speed. The applications of transfer learning allow models to still perform well with smaller datasets. The combination of deep learning with new technologies such as IoT and large datasets also increases their capabilities. Ultimately, the role of deep learning models in detection and management of plant diseases will become increasingly crucial and provide more advancements for agricultural practices in the future.

2. Material and Methods

2.1 PlantVillage dataset

The quality and structure of the dataset are crucial determinants of the effectiveness of deep learning models. In contrast to traditional machine learning methods, which typically rely on manual feature extraction and smaller datasets, deep learning models necessitate large, high-quality datasets to effectively capture meaningful and distinguishing features from raw data. This is essential to ensure that deep models generalize effectively and deliver strong predictive performance. Table 1 outlines various components of this study's dataset, which was partitioned into training, validation, and test sets to facilitate thorough model evaluation and prevent data leakage during the learning process (Pacal, 2024b).

Table 1

Distinction between train test and validation

	Images	%
Train	2219	70
Test	477	15
Validation	475	15
Total	3171	100

The PlantVillage Apple dataset was selected as the main data source for the research, as it is an established, publicly available benchmark dataset for plant disease identification. The PlantVillage dataset is known for its wide coverage and high resolution and contains data for a variety of plant species and disease classes, including healthy and diseased. This research focused only on the apple subset for classification of disease. The total sample size of the dataset

being used was 3,171, which were partitioned into training, validation, and testing sets for evaluating the model (70% training, 15% testing, 15% validation) (Hughes & Salathe, 2015) .



Fig. 1 Examples from our dataset

2.2 Data Augmentation

Data augmentation is an accepted process in deep learning to enhance model performance and is particularly useful for situations where you do not have access to an extremely large dataset and a wide variety of data. The data augmentation process artificially increases the training dataset by performing a few transformations which will have the effect of modifying or control the variation in the data. Data augmentation can help reduce overfitting, particularly when the dataset is small or unbalanced, and it aids in better generalization to unseen data. For this research study, a strong data augmentation pipeline was used during the preprocessing stage to increase the model robustness and prediction accuracy. The data augmentation transformations used in this research study are: RandomResizedCrop which randomly crops and resizes an image to have a fixed size of 224x224, which encourages spatial variation and averts overfitting to a certain part of the image; RandomHorizontalFlip encourages the model to learn features that are invariant to orientation, by randomly applying horizontal flipping; RandomRotation randomly rotates the image in a rotationally invariant manner from ± 15 degrees which can simulate captured image from different orientations and helps the model to become more invariant to rotation; ColorJitter to simulate various changes in lighting scenarios and environments, randomly adjusting the brightness, contrast, saturation and hue values. The images were converted into PyTorch tensors using ToTensor, and normalized with ImageNet statistics for consistent and stable training, and faster convergence.. These augmentations are anticipated to significantly reduce the risk of overfitting, improve generalization, and ultimately increase the model's predictive performance.

2.3 Deep learning architectures

Machine learning has revolutionized technological progress and human advancement, becoming a key driver in various modern applications, such as enhancing search engine capabilities, moderating user-generated content on social media, and powering personalized recommendation systems for e-commerce. As technology rapidly evolves, machine learning methods are increasingly integrated into everyday life, manifesting in smart technologies and advanced systems with capabilities like visual object detection, speech recognition, and adaptive dynamic content in digital environments (Lecun et al., 2015) .

The rapid advancements in artificial intelligence are largely attributed to the evolution of deep learning. A specialized branch of machine learning, deep learning utilizes intricate, multi-layered neural networks to derive complex, non-linear representations from vast datasets [17,18]. These models identify detailed features through hierarchical structures and are trained using backpropagation. Deep learning has proven exceptionally successful across multiple fields, including image and video analysis, speech processing, and natural language understanding. Convolutional Neural Networks (CNNs) excel in processing spatial data, while Recurrent Neural Networks (RNNs) are ideal for handling temporal or sequential data such as speech and text (Karaman et al., 2023; Pacal et al., 2022) .

Although Geoffrey Hinton introduced the fundamental principles of deep learning in 2006, its broad adoption came after deep models drastically outperformed traditional algorithms in the ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge. Since then, deep learning has consistently provided cutting-edge results in a wide range of applications, such as pattern recognition, classification, forecasting, drug discovery, signal analysis, finance, healthcare, and defense, and it remains the leading paradigm in both AI research and practical deployment (Pacal, 2024a) .

```
1: Input: Training data, labels, hyperparameters
2: Output: Trained CNN model
3: Initialize CNN architecture
4: for each training epoch do
5:   for each mini-batch of training samples do
6:     Forward pass:
7:     for each layer in the CNN do
8:       Compute the output feature maps
9:       Apply activation function
10:      Apply pooling (if applicable)
11:    end for
12:    Flatten the feature maps
13:    Compute the loss between predicted and actual labels
14:    Backward pass:
15:    Compute the gradient of the loss with respect to the parameters
16:    Update the parameters using an optimizer (e.g., SGD, Adam)
17:  end for
18: end for
19: return Trained CNN model
```

Fig 2. A typical CNN algorithm (Kunduracioglu & Pacal, 2024) .

2.4 Algorithms Used

EfficientNet B4 leverages a compound scaling technique that simultaneously adjusts the network's depth, width, and input resolution in a principled manner. By uniformly scaling these dimensions, it achieves a high level of classification accuracy without incurring significant computational overhead. EfficientNet B4 has proven to be an effective and scalable architecture, frequently outperforming traditional CNNs on diverse image recognition tasks (Tan & Le, n.d.) .

EfficientNet B5 represents an enhanced variant within the EfficientNet model family, incorporating a more extensive scaling of architectural dimensions. With increased layer depth, wider convolutional channels, and larger input sizes, EfficientNet B5 enables richer feature extraction. It maintains computational efficiency while delivering superior accuracy, making it well-suited for complex vision applications that demand high performance (Tan & Le, n.d.).

ResNet 50 consists of 50 convolutional layers and introduces the concept of residual learning through shortcut connections, which bypass one or more layers. These connections allow the network to effectively mitigate the vanishing gradient issue, thereby enabling the training of much deeper models. ResNet 50 has become a foundational architecture in computer vision due to its robust performance and ease of optimization on large-scale datasets such as ImageNet (He et al., 2015).

layer name	output size	18-layer	34-layer	50-layer	101-layer	152-layer
conv1	112×112	7×7, 64, stride 2				
conv2_x	56×56	3×3 max pool, stride 2				
		$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 64 \\ 3 \times 3, 64 \end{bmatrix} \times 2$	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 64 \\ 3 \times 3, 64 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 64 \\ 3 \times 3, 64 \\ 1 \times 1, 256 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 64 \\ 3 \times 3, 64 \\ 1 \times 1, 256 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 64 \\ 3 \times 3, 64 \\ 1 \times 1, 256 \end{bmatrix} \times 3$
conv3_x	28×28	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 128 \\ 3 \times 3, 128 \end{bmatrix} \times 2$	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 128 \\ 3 \times 3, 128 \end{bmatrix} \times 4$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 128 \\ 3 \times 3, 128 \\ 1 \times 1, 512 \end{bmatrix} \times 4$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 128 \\ 3 \times 3, 128 \\ 1 \times 1, 512 \end{bmatrix} \times 4$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 128 \\ 3 \times 3, 128 \\ 1 \times 1, 512 \end{bmatrix} \times 4$
conv4_x	14×14	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 256 \\ 3 \times 3, 256 \end{bmatrix} \times 2$	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 256 \\ 3 \times 3, 256 \end{bmatrix} \times 6$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 256 \\ 3 \times 3, 256 \\ 1 \times 1, 1024 \end{bmatrix} \times 6$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 256 \\ 3 \times 3, 256 \\ 1 \times 1, 1024 \end{bmatrix} \times 23$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 256 \\ 3 \times 3, 256 \\ 1 \times 1, 1024 \end{bmatrix} \times 23$
conv5_x	7×7	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 512 \\ 3 \times 3, 512 \end{bmatrix} \times 2$	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 512 \\ 3 \times 3, 512 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 512 \\ 3 \times 3, 512 \\ 1 \times 1, 2048 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 512 \\ 3 \times 3, 512 \\ 1 \times 1, 2048 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 512 \\ 3 \times 3, 512 \\ 1 \times 1, 2048 \end{bmatrix} \times 3$
	1×1	average pool, 1000-d fc, softmax				
FLOPs		1.8×10^9	3.6×10^9	3.8×10^9	7.6×10^9	11.3×10^9

Fig.3 Layers of ResNet variants used in the study

DenseNet 264 adopts a densely connected design where each layer receives the concatenated outputs of all preceding layers. This architectural strategy promotes efficient feature propagation and reusability, which leads to improved model compactness and faster convergence. DenseNet 264 has exhibited exceptional accuracy in fine-grained image classification tasks and is recognized for its parameter efficiency despite its depth (Huang et al., 2016).

Layers	Output Size	DenseNet-121	DenseNet-169	DenseNet-201	DenseNet-264
Convolution	112 × 112	7 × 7 conv, stride 2			
Pooling	56 × 56	3 × 3 max pool, stride 2			
Dense Block (1)	56 × 56	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 6$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 6$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 6$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 6$
Transition Layer (1)	56 × 56	1 × 1 conv			
	28 × 28	2 × 2 average pool, stride 2			
Dense Block (2)	28 × 28	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 12$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 12$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 12$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 12$
Transition Layer (2)	28 × 28	1 × 1 conv			
	14 × 14	2 × 2 average pool, stride 2			
Dense Block (3)	14 × 14	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 24$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 32$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 48$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 64$
Transition Layer (3)	14 × 14	1 × 1 conv			
	7 × 7	2 × 2 average pool, stride 2			
Dense Block (4)	7 × 7	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 16$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 32$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 32$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 48$
Classification Layer	1 × 1	7 × 7 global average pool			
		1000D fully-connected, softmax			

Fig.4 Layers of DenseNet variants used in the study

Inception v3 incorporates a modular design that utilizes techniques such as convolution factorization, auxiliary classifiers for regularization, and reduced dimensionality in intermediate layers. These innovations collectively enhance computational efficiency and model expressiveness. Inception v3 remains a widely adopted solution for visual recognition problems, particularly those requiring multi-scale feature abstraction and efficient inference (Szegedy et al., n.d.).

MobileNet v3-large is an advanced lightweight CNN architecture tailored for low-power and real-time applications. It combines depthwise separable convolutions with squeeze-and-

excitation modules and adopts the hard-swish activation to improve performance without increasing computational cost. This design enables MobileNet v3-large to deliver strong accuracy while remaining suitable for deployment on mobile and embedded platforms with limited resources (Howard et al., n.d.).

3. Results and discussions.

3.1 Experimental Design

The experiments presented in this study were conducted on a Linux system with Ubuntu 22.04, featuring an Intel Core i5-13600K CPU, 32 GB DDR5 RAM, and an NVIDIA RTX 3090 GPU. All models were developed using PyTorch with NVIDIA's CUDA augmentation. The models were trained and evaluated under consistent experimental conditions and with the same set of hyperparameters to ensure standardization and systematic comparison.

3.2 Performance Metrics

Evaluating the performance of deep learning models is an essential step for assessing their usefulness, justifying related decisions, and facilitating data-driven choices. Performance metrics can serve several primary purposes, like assessing the performance of classification models, assisting optimization, identifying errors or biases in reports of the data, comparing models, and detecting overfitting. We have specifically focused on performance metrics for grape disease classification in this paper and made conventional choices for evaluation criteria that are rigorously established in academic literature.

The fundamental metrics used in this project accuracy, precision, recall, and F1-score are key components in deep learning evaluation as well in other areas. Accuracy is defined as the proportion of correctly classified samples compared to the total number of samples and provides a view of overall performance. Precision (true positives/(true positive + false positives)) indicates how reliable the model is in classifying relevant instances (high precision = few or no false positives) and recall shows which instances the model identified as true positives, and recall is relevant for measuring relevance. The F1-score is defined as the harmonic mean of precision and recall, combining them as a single measure of performance (also relevant for false positives and false negatives). However, while these definitions can feel complicated, they can be represented mathematically as follows:

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{True Positives} + \text{True Negatives}}{\text{True Positives} + \text{True Negatives} + \text{False Positives} + \text{False Negatives}} \quad (5)$$

$$\text{Precision} = \frac{\text{True Positives}}{\text{True Positives} + \text{False Positives}} \quad (6)$$

$$\text{Recall} = \frac{\text{True Positives}}{\text{True Positives} + \text{False Negatives}} \quad (7)$$

$$\text{F1-score} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (8)$$

3.3 Results

In this study, we evaluated the performance of various advanced convolutional neural network (CNN) architectures, including DenseNet-264, EfficientNet-B4, EfficientNet-B5, Inception-V3, MobileNet-V3-Large, and ResNet-50, specifically applied to apple leaf disease classification using the PlantVillage dataset. Each model was fine-tuned under identical experimental conditions, including consistent hyperparameters, to ensure reliable and systematic comparison. The evaluation employed several key metrics widely recognized in the literature, namely accuracy, precision, recall, and F1-score, each providing complementary insights into different aspects of the models' predictive capabilities. These metrics are essential in assessing the overall effectiveness, reliability, and applicability of CNN models in practical agricultural scenarios.

Table 2 summarizes the comparative performance of the CNN models. DenseNet-264 exhibited the highest performance across all evaluated metrics, achieving an impressive accuracy of 98.32%, precision of 97.83%, recall of 98.21%, and an F1-score of 98.02%. This outcome highlights DenseNet-264's superior capability in accurately distinguishing between different apple leaf disease categories, significantly outperforming other architectures evaluated in this study.

Table 2
Results of CNN-based models on PlantVillage dataset

Models	Accuracy %	Precision %	Recall %	F1-Score %
DenseNet-264	98.32	97.83	98.21	98.02
EfficientNet-B4	93.08	90.74	91.04	90.62
EfficientNet-B5	93.71	91.96	92.12	92.01
Inception-V3	97.90	97.73	97.65	97.66
MobileNet-V3-Large	93.71	94.73	93.17	93.91
ResNet-50	93.71	92.05	92.54	92.24

Inception-V3 also delivered highly competitive results, attaining an accuracy of 97.90% along with robust precision, recall, and F1-score metrics. Its ability to handle complex feature extraction tasks efficiently is underscored by the minimal misclassification observed in the confusion matrix. Inception-V3's performance closely rivals that of DenseNet-264, confirming its effectiveness in detailed and accurate image analysis.

EfficientNet variants demonstrated commendable but slightly lower performance. Specifically, EfficientNet-B4 achieved 93.08% accuracy with precision and recall of approximately 91%. EfficientNet-B5 improved slightly upon this performance, registering an accuracy of 93.71%, precision of 91.96%, and recall of 92.12%. While both EfficientNet models showed good training stability and satisfactory classification results, their performance was not as robust as DenseNet-264 or Inception-V3, particularly in handling the nuanced features of apple leaf diseases.

MobileNet-V3-Large stood out by effectively balancing computational efficiency and predictive performance. With an accuracy of 93.71% and precision of 94.73%, MobileNet-V3-Large proved suitable for deployment in resource-constrained environments such as mobile and

edge devices, making it a practical choice for field applications. Although it exhibited slightly higher confusion rates than DenseNet-264 and Inception-V3, its lightweight nature provides significant advantages for practical implementations.

ResNet-50, despite its popularity and widespread use in other applications, provided moderate performance in this context, achieving an accuracy of 93.71%. While its precision and recall metrics were reasonably balanced, the overall effectiveness in distinguishing between nuanced apple leaf conditions was not as pronounced, indicating limitations potentially related to its architectural design or depth.

Figures 8 through 19 detail the training dynamics and confusion matrices for each model. DenseNet-264 and Inception-V3 showed rapid and stable convergence during training, with minimal confusion in classifying the apple leaf images. EfficientNet variants exhibited consistent but slightly slower improvement trajectories, while MobileNet-V3-Large demonstrated efficiency with acceptable levels of confusion. ResNet-50 had steady performance throughout training but encountered more difficulties in accurate disease classification.

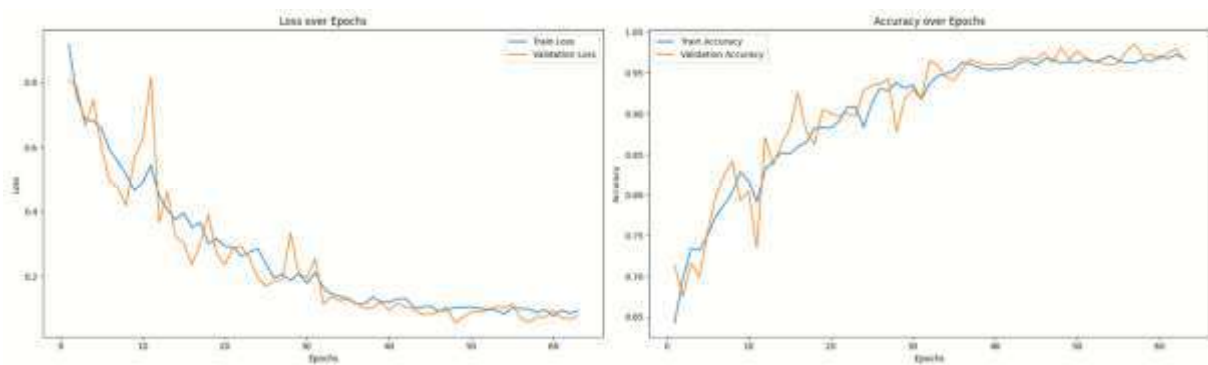


Fig. 9 DenseNet 264 train graph

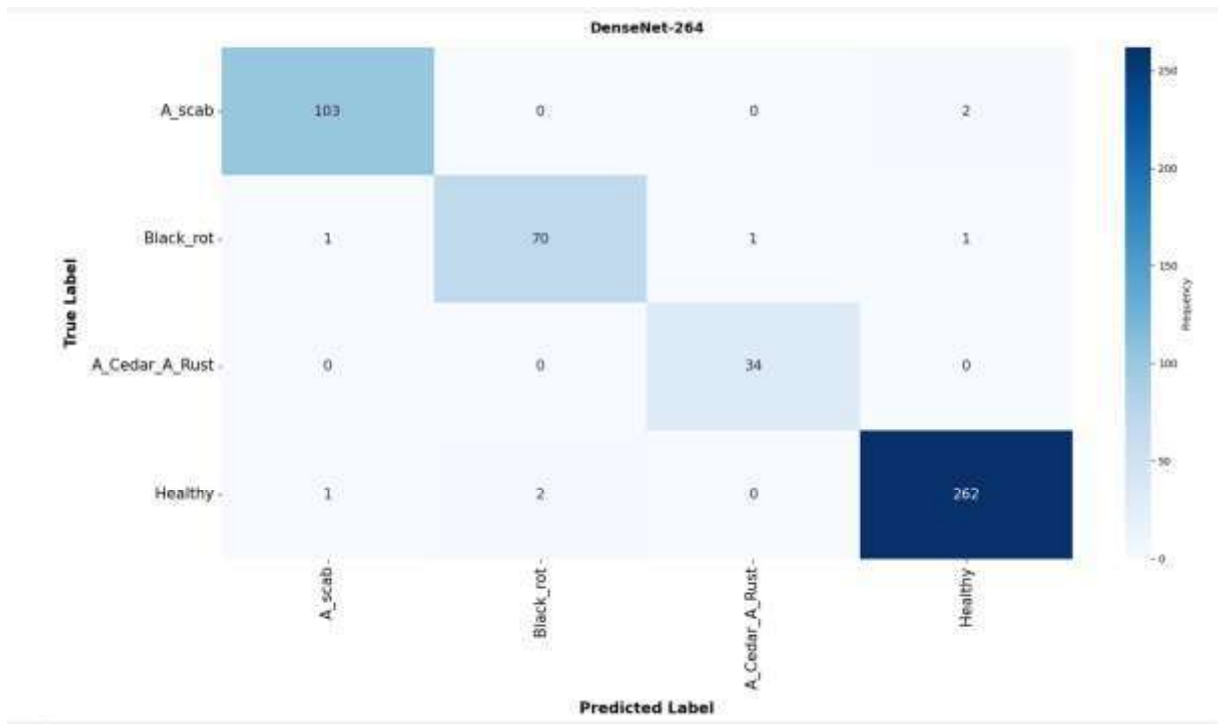


Fig. 10 DenseNet 264 confusion matrices

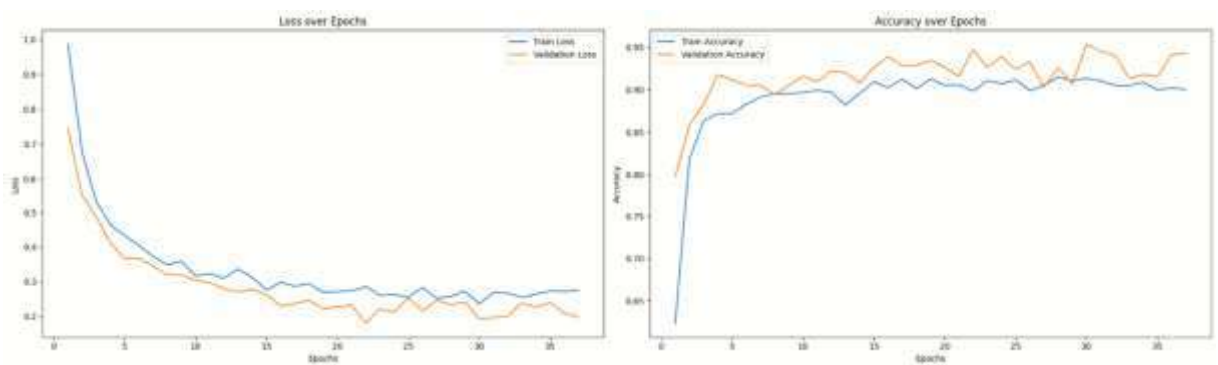


Fig. 11 EfficientNet B4 train graph

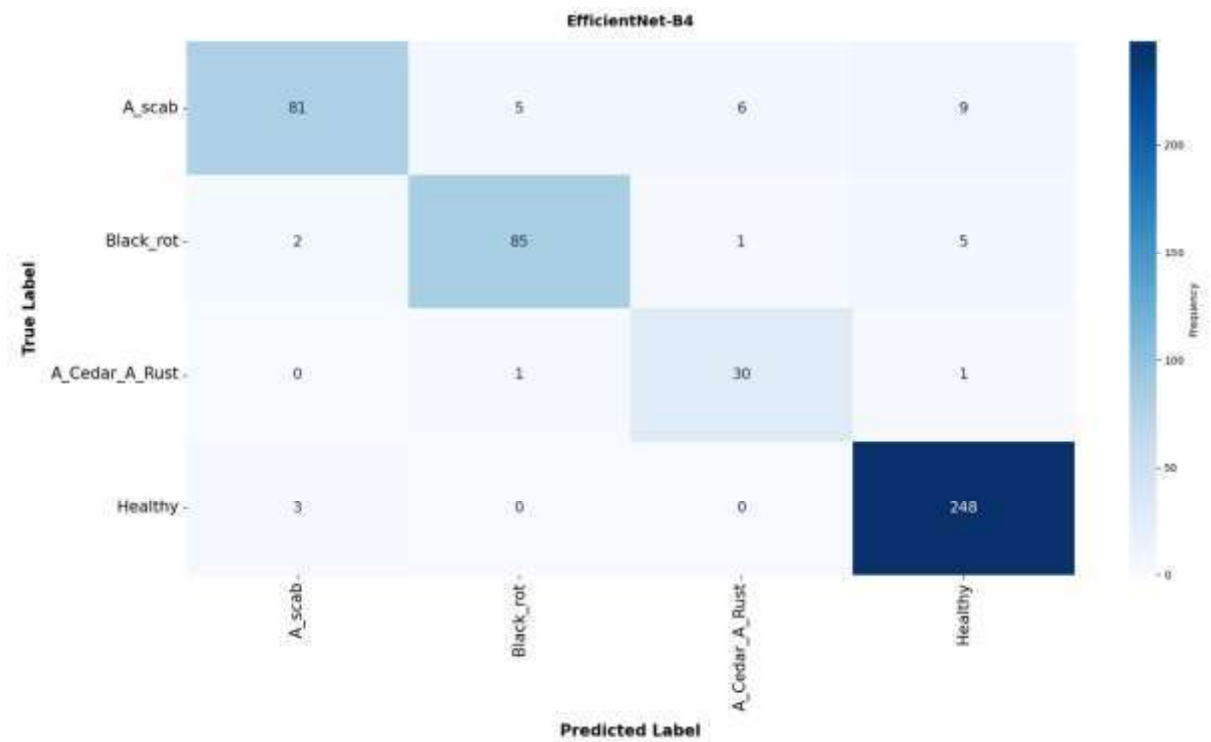


Fig. 12 EfficientNet B4 confusion matrices

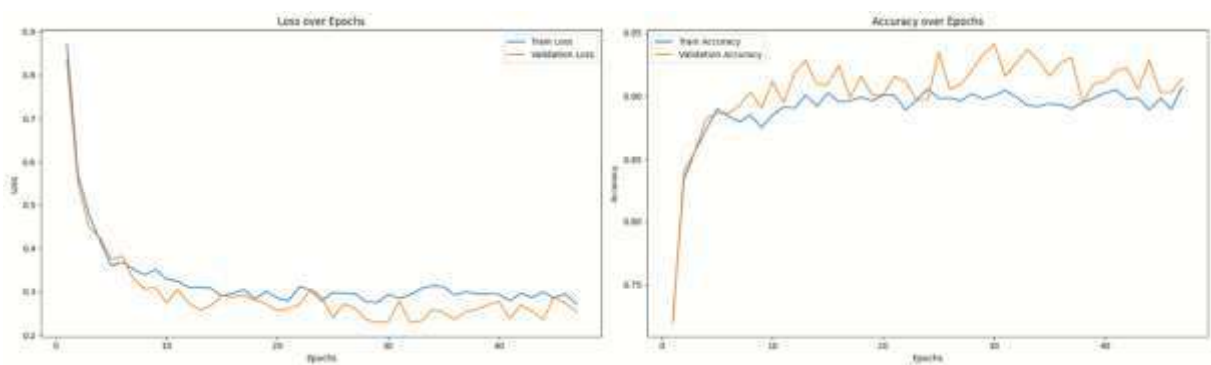


Fig. 13 EfficientNet B5 train graph

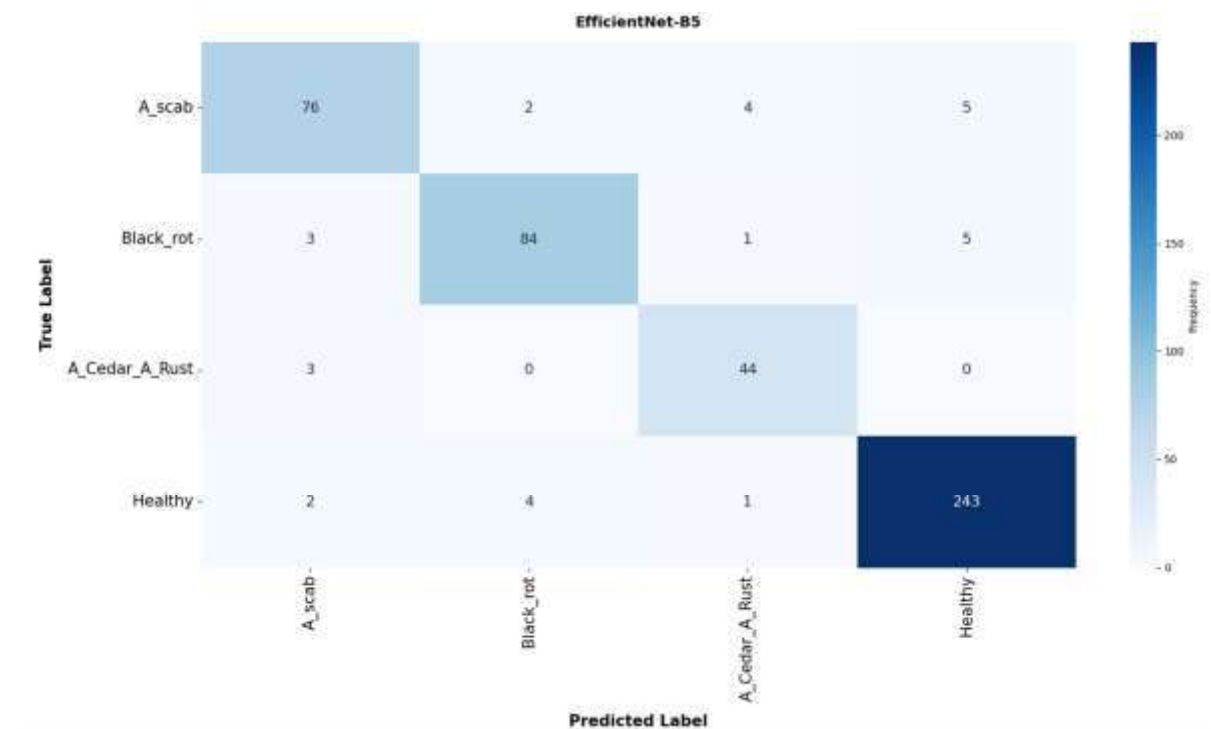


Fig. 14 EfficientNet B5 confusion matrices

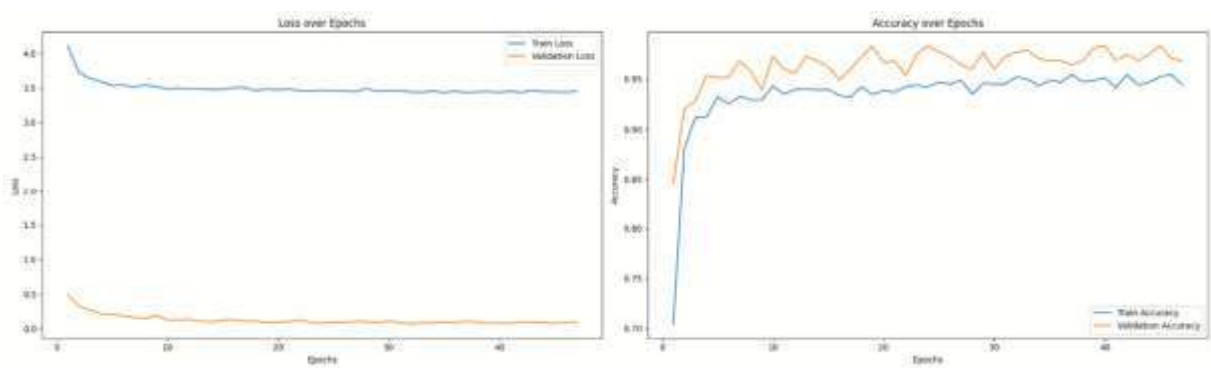


Fig. 15 Inception V3 train graph

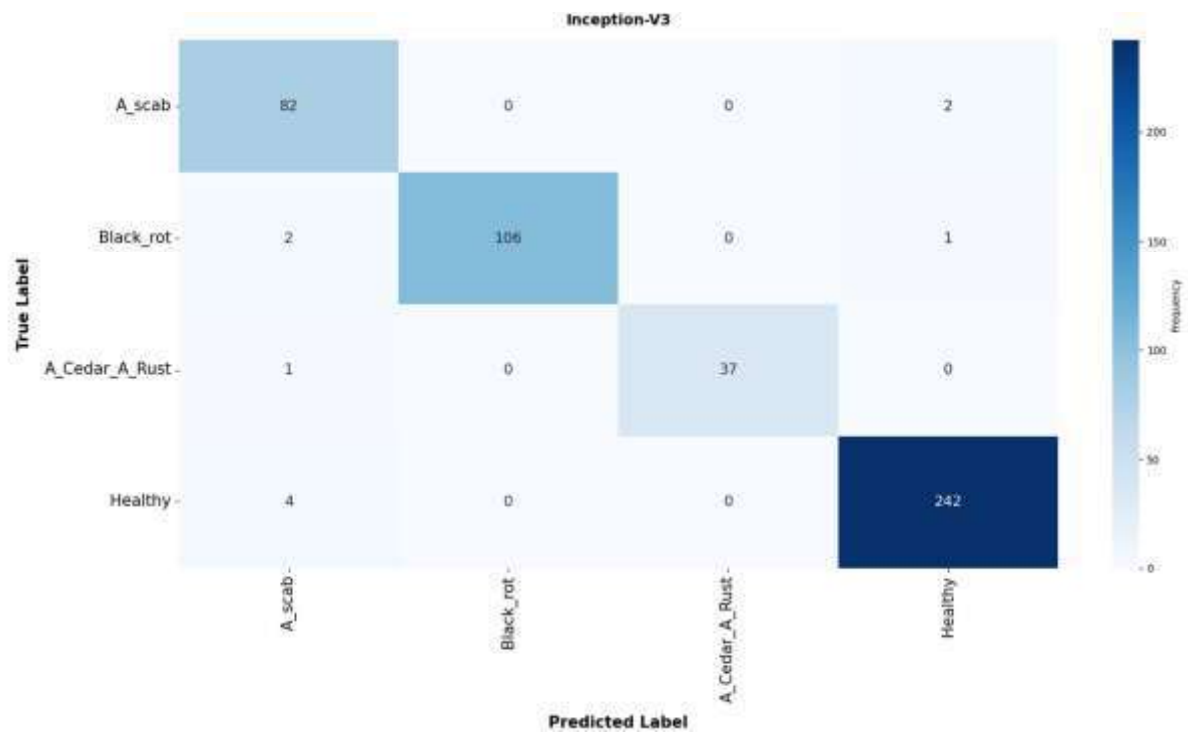


Fig. 16 Inception V3 confusion matrices

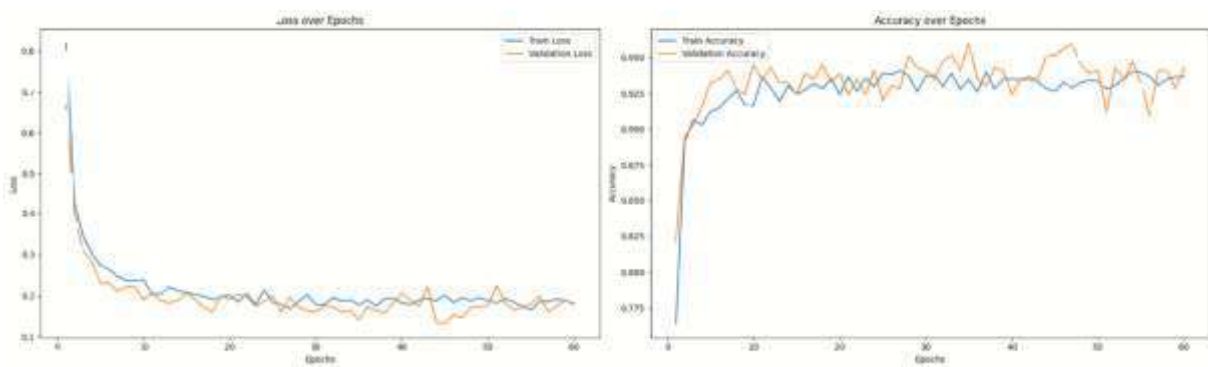


Fig. 17 MobileNet V3 Large train graph

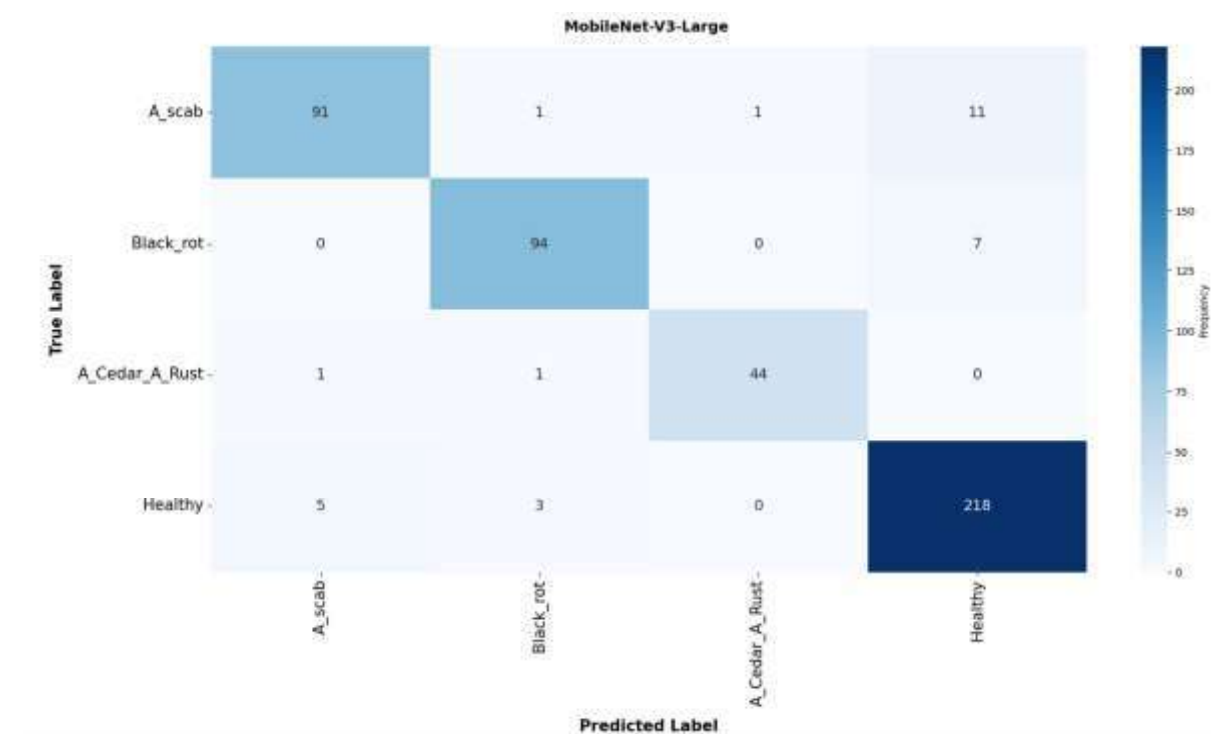


Fig. 18 MobileNet V3 Large confusion matrices

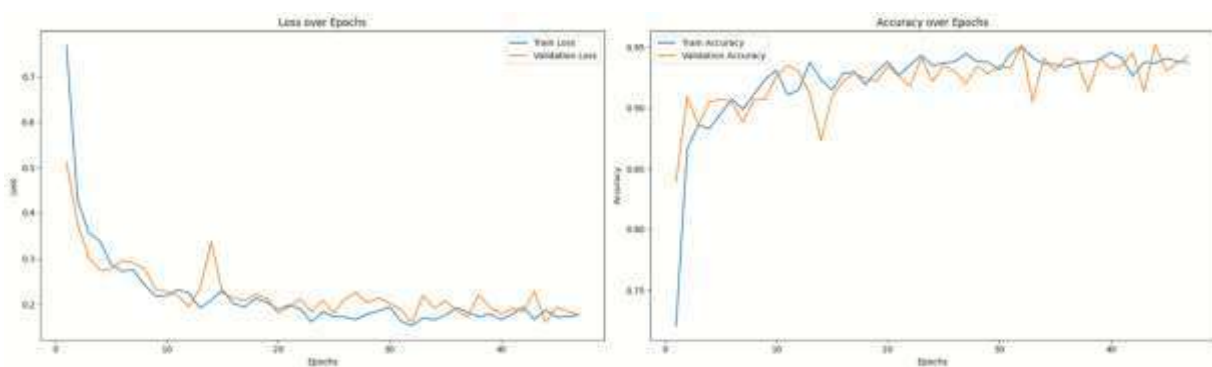


Fig. 19 ResNet 50 train graph

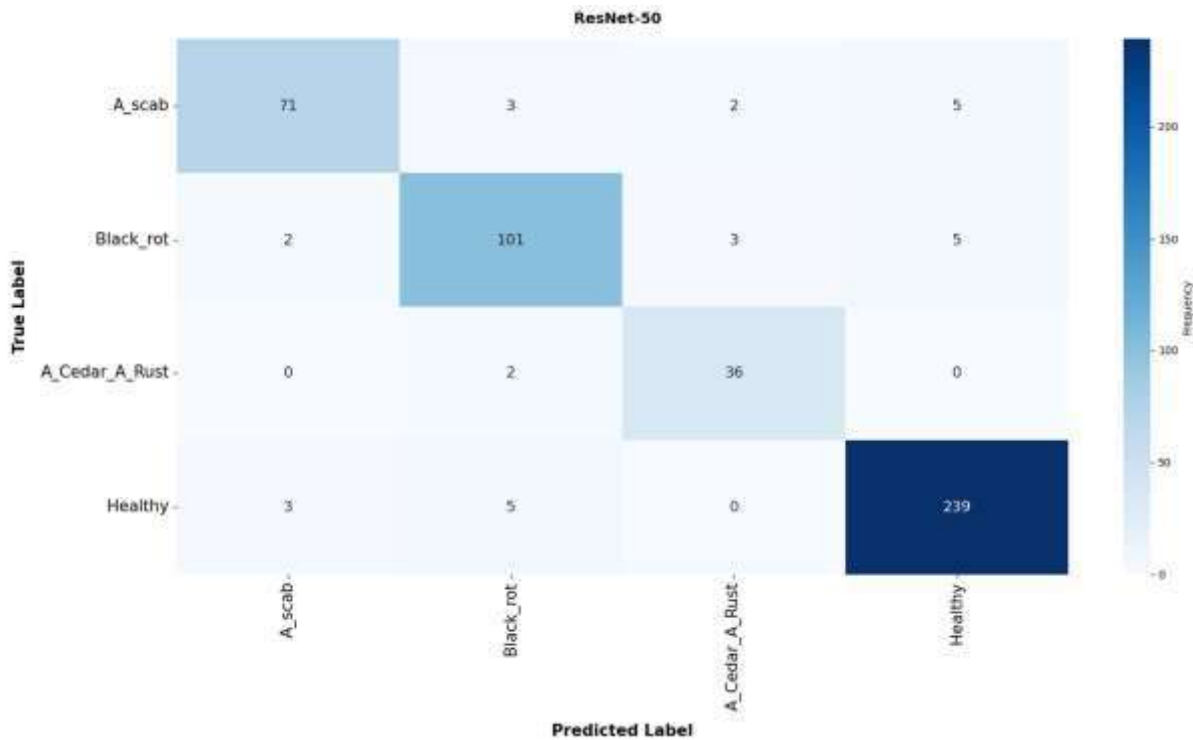


Fig. 20 ResNet 50 confusion matrices

3.4 Discussion

The results of this study underscore the considerable potential of deep learning-based models for automating apple leaf disease detection, thereby supporting precision agriculture. DenseNet-264, with its densely connected structure that enhances gradient flow and feature reuse, stood out as the most effective model, delivering both high accuracy and balanced classification performance across metrics. These results highlight its aptitude for handling complex image patterns present in disease-affected leaves.

Inception-V3 also demonstrated robust performance, benefiting from its multi-scale feature abstraction capability. Its strong results confirm the model's ability to generalize well across the dataset, making it a viable candidate for scenarios requiring high reliability. The high precision and recall achieved suggest that both DenseNet-264 and Inception-V3 could substantially reduce false diagnoses, thereby improving disease management efficiency.

MobileNet-V3-Large's performance is especially relevant for real-world applications, where computing resources may be limited. Its lightweight architecture and acceptable accuracy levels indicate that it can serve as an effective model for on-device diagnosis tools, such as mobile applications used by farmers in the field. This extends the impact of AI tools from research settings to practical, everyday agricultural use.

Although EfficientNet-B4 and B5 performed moderately well, their results suggest that their compound scaling strategy may not capture the complex visual characteristics of apple leaf diseases as effectively as DenseNet or Inception. Meanwhile, ResNet-50, despite its historical success, faced challenges in distinguishing subtle variations among disease categories, possibly due to insufficient depth or lack of advanced feature extraction modules.

The overall findings validate the utility of CNNs in plant pathology and reinforce the need for model selection based on the deployment context. While accuracy is critical, factors such as model size, inference speed, and ease of integration into portable systems should guide the choice of architecture for operational use. Future work should consider the generalizability of these models under variable field conditions, including different lighting, background, and occlusion scenarios. Further, the integration of explainable AI techniques could enhance model interpretability, increasing user trust and facilitating the adoption of AI-based solutions in agriculture. Finally, testing these models on other apple cultivars and regional datasets would provide additional validation and support global scalability.

4. Conclusion

This research explores the performance of advanced convolutional neural networks in the automated detection of apple leaf diseases using the PlantVillage Apple dataset. Five cutting-edge models DenseNet-264, EfficientNet-B4, EfficientNet-B5, Inception-V3, and MobileNet-V3-Large were fine-tuned on expertly annotated apple leaf images. Among them, DenseNet-264 delivered the most impressive results, achieving 98.32% accuracy, 97.83% precision, 98.21% recall, and a 98.02% F1-score. Inception-V3 also showed strong performance, closely rivaling the top model, while MobileNet-V3-Large proved to be a practical choice for on-device applications due to its efficient architecture and competitive accuracy. These results emphasize the strength of deep learning in converting everyday agricultural images into rapid, accurate, and consistent diagnostic tools. By minimizing reliance on manual inspections, the models offer a reliable approach to timely and economical disease detection, ultimately supporting better crop protection and yield improvement.

References

- Aboelenin, S., Elbasheer, F. A., Eltoukhy, M. M., El-Hady, W. M., & Hosny, K. M. (2025). A hybrid Framework for plant leaf disease detection and classification using convolutional neural networks and vision transformer. *Complex and Intelligent Systems*, 11(2), 1–17. <https://doi.org/10.1007/S40747-024-01764-X/TABLES/6>
- Banjar, A., Javed, A., Nawaz, M., & Dawood, H. (2025). E-AppleNet: An Enhanced Deep Learning Approach for Apple Fruit Leaf Disease Classification. *Applied Fruit Science*, 67(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/S10341-024-01239-W/TABLES/4>
- Gupta, P., Rakesh, ., & Jadon, S. (2025). PLANT Detect Net: a hybrid IoT and deep learning framework for secure plant disease detection and classification. *Evolving Systems 2025* 16:2, 16(2), 1–20. <https://doi.org/10.1007/S12530-025-09685-X>
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2015). *Deep Residual Learning for Image Recognition*. <http://arxiv.org/abs/1512.03385>

- Howard, A., Sandler, M., Chu, G., Chen, L.-C., Chen, B., Tan, M., Wang, W., Zhu, Y., Pang, R., Vasudevan, V., Le, Q. V., Adam, H., Ai, G., & Brain, G. (n.d.). *Searching for MobileNetV3*.
- Huang, G., Liu, Z., van der Maaten, L., & Weinberger, K. Q. (2016). *Densely Connected Convolutional Networks*. <http://arxiv.org/abs/1608.06993>
- Hughes, David. P., & Salathe, M. (2015). *An open access repository of images on plant health to enable the development of mobile disease diagnostics*. <https://arxiv.org/abs/1511.08060v2>
- Karaman, A., Pacal, I., Basturk, A., Akay, B., Nalbantoglu, U., Coskun, S., Sahin, O., & Karaboga, D. (2023). Robust real-time polyp detection system design based on YOLO algorithms by optimizing activation functions and hyper-parameters with artificial bee colony (ABC). *Expert Systems with Applications*, 221, 119741. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2023.119741>
- Kunduracioglu, I., & Pacal, I. (2024). Advancements in deep learning for accurate classification of grape leaves and diagnosis of grape diseases. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 131(3), 1061–1080. <https://doi.org/10.1007/S41348-024-00896-Z/TABLES/7>
- Lecun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature* 2015 521:7553, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- P, K., Lalitha, H., Priya, D. J., & C, B. S. (2025). AI-driven plant health monitoring: evaluating the WRLSB-HPS algorithm for leaf disease classification. *Earth Science Informatics*, 18(3), 1–18. <https://doi.org/10.1007/S12145-025-01762-8/TABLES/6>
- Pacal, I. (2024a). Enhancing crop productivity and sustainability through disease identification in maize leaves: Exploiting a large dataset with an advanced vision transformer model. *Expert Systems with Applications*, 238, 122099. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2023.122099>
- Pacal, I. (2024b). MaxCerVixT: A novel lightweight vision transformer-based Approach for precise cervical cancer detection. *Knowledge-Based Systems*, 289, 111482. <https://doi.org/10.1016/J.KNOSYS.2024.111482>
- Pacal, I., Karaman, A., Karaboga, D., Akay, B., Basturk, A., Nalbantoglu, U., & Coskun, S. (2022). An efficient real-time colonic polyp detection with YOLO algorithms trained by using negative samples and large datasets. *Computers in Biology and Medicine*, 141, 105031. <https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2021.105031>
- Pacal, I., Kunduracioglu, I., Alma, M. H., Deveci, M., Kadry, S., Nedoma, J., Slany, V., & Martinek, R. (2024). A systematic review of deep learning techniques for plant diseases. *Artificial Intelligence Review* 2024 57:11, 57(11), 1–39. <https://doi.org/10.1007/S10462-024-10944-7>

- Rohith, D., Saurabh, P., & Bisen, D. (2025). An integrated approach to apple leaf disease detection: leveraging convolutional neural networks for accurate diagnosis. *Multimedia Tools and Applications*, 1–36. <https://doi.org/10.1007/S11042-025-20735-Z/TABLES/11>
- Szegedy, C., Vanhoucke, V., Ioffe, S., & Shlens, J. (n.d.). *Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision*.
- Tan, M., & Le, Q. V. (n.d.). *EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks*.

EFFECTS OF ISO/IEC 42001:2023 ARTIFICIAL INTELLIGENCE MANAGEMENT SYSTEM ON ORGANIZATIONS

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17204138>

Serdar BİROĞUL^{1,2}

¹Düzce University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering,
Düzce, Türkiye

serdarbirogul@duzce.edu.tr

²Nakhchivan State University, Faculty of Architecture And Engineering, Department
of Electronics and Information Technologies, Nakhchivan, Azerbaijan

serdarbirogul@ndu.edu.az

 <https://orcid.org/0000-0003-4966-5970>

Özkan ŞAHİN^{1,2}

¹Düzce Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Finansman Bölümü,
Düzce, Türkiye

ozkansahin@duzce.edu.tr

²Nakhchivan State University, Faculty of Economics and Management, Department
of Economics, Nakhchivan, Azerbaijan

 <https://orcid.org/0000-0001-5341-1274>

Hüseyn ƏSGƏRLİ

Nakhchivan State University, Department of IT, Nakhchivan, Azerbaijan

huseyn.a@ndu.edu.az

 <https://orcid.org/0009-0006-9465-1067>

Abstract

This article examines the technical, operational and strategic impacts of implementing the ISO/IEC 42001:2023 standard, which plays a critical role in companies adapting to the transformation processes created by artificial intelligence (AI) technologies in the business world. This standard, which aims to manage AI systems ethically and reliably, helps organizations develop transparent, unbiased, fair and sustainable AI solutions. The gains provided by the framework provided by ISO/IEC 4200:2023 in critical areas such as data security, operational efficiency, compliance with legal regulations and competitive advantage are also discussed. In this context, it is clear that companies can adopt AI applications not only as a technical innovation but also as a strategic management element. As a result, it is explained that by adopting

ISO/IEC 42001:2023, organizations can both manage AI applications in a secure and ethical framework and achieve a sustainable competitive advantage in digital transformation processes.

1. Introduction

AI technologies are causing revolutionary changes in data analytics, automation, customer service and strategic decision-making processes in companies. However, the rapid spread of AI applications also brings with it complex issues such as ethical issues, data security risks, lack of transparency, bias and legal compliance. The ISO/IEC 42001:2023 standard provides companies with a comprehensive management framework to overcome these challenges and creates a structure of rules to ensure the reliable and sustainable use of AI systems.

AI systems can cause ethical problems, especially in algorithmic decision-making processes. Biased data sets, unfair results, and privacy violations are among the most common problems. ISO/IEC 42001:2023 provides companies with a framework for ethical design and implementation of AI systems. This framework specifically emphasizes the following issues.

- **Algorithmic Transparency:** Understanding how AI models work increases traceability of decision-making processes (Floridi et al., 2018).
- **Fair Decision Making:** Ensures that algorithms do not discriminate based on factors such as gender, race or socio-economic status (Jobin et al., 2019).
- **Data Privacy:** Protection of personal data and compliance with regulations such as GDPR is a key element of ISO/IEC 42001:2023 (Wirtz et al., 2020).

These elements enable companies to fulfill their ethical responsibilities and gain societal trust when using AI systems.

The transparency and traceability of AI systems is a critical factor in gaining the trust of stakeholders (customers, employees, investors). ISO/IEC 42001:2023 provides companies with the following elements to ensure this transparency.

- **Explaining Decision-Making Processes:** How AI systems make decisions is clearly explained to stakeholders.
- **Accountability:** In case of system errors, responsibility is taken and corrective measures are implemented (Floridi et al., 2018).
- **Interactive Reporting:** Regular reports are provided to stakeholders on the performance and impact of AI systems.

These elements both protect the reputation of companies and enable them to gain the trust of stakeholders.

2. Impacts of ISO/IEC 42001:2023 Standard

2.1. Technical Clauses (Annex-A Clauses)

The management clause of the ISO/IEC 42001:2023 standard is the organization context, leadership, planning, support, communication, performance evaluation and improvement items as in other ISO standards. This clause has the same features for the ISO/IEC 42001:2023 standard. Here, the clauses that differ from other standards are Annex-A control items, Annex-B control items are explanatory guide, Annex-C is the document content that details organizational goals and risk sources related to potential AI. In this study, Annex-A control items that constitute the basic elements of the AI management system are briefly mentioned. Annex-A, Annex-B and Annex-C issues can be examined by following the original document of the standard (ISO/IEC 42001:2023). Annex-A includes control mechanisms that provide a strong framework that guides organizations in the implementation of the AI management system, although they are not mandatory. This annex section supports the basic principles of the standard and guides organizations on critical issues such as risk management, data security, ethical principles, governance and operational processes. Annex A items are designed in line with the main structure of ISO/IEC 42001:2023 and enable companies to manage their AI systems in a more reliable, transparent, impartial, unbiased and sustainable manner. The titles of the basic control items in Annex A of the standard are given below.

A.2 Policies related to AI

- A.2.2 AI policy
- A.2.3 Alignment with other organizational policies
- A.2.4 Review of the AI policy

A.3 Internal organization

- A.3.2 AI roles and responsibilities
- A.3.3 Reporting of concerns

A.4 Resources for AI systems

- A.4.2 Resource documentation
- A.4.3 Data resources
- A.4.4 Tooling resources
- A.4.5 System and computing resources
- A.4.6 Human resources

A.5 Assessing impacts of AI systems

- A.5.2 AI system impact assessment process
- A.5.3 Documentation of AI system impact assessments
- A.5.4 Assessing AI system impact on individuals or groups of individuals
- A.5.5 Assessing societal impacts of AI systems

A.6 AI system life cycle

- A.6.1.2 Objectives for responsible development of AI system
- A.6.1.3 Processes for responsible AI system design and development
- A.6.2.2 AI system requirements and specification
- A.6.2.3 Documentation of AI system design and development
- A.6.2.4 AI system verification and validation
- A.6.2.5 AI system deployment
- A.6.2.6 AI system operation and monitoring
- A.6.2.7 AI system technical documentation
- A.6.2.8 AI system recording of event logs

A.7 Data for AI systems

- A.7.2 Data for development and enhancement of AI system
- A.7.3 Acquisition of data
- A.7.4 Quality of data for AI systems
- A.7.5 Data provenance
- A.7.6 Data preparation

A.8 Information for interested parties of AI systems

- A.8.2 System documentation and information for users
- A.8.3 External reporting
- A.8.4 Communication of incidents
- A.8.5 Information for interested parties

A.9 Use of AI systems

- A.9.2 Processes for responsible use of AI systems
- A.9.3 Objectives for responsible use of AI system
- A.9.4 ntended use of the AI system

A.10 Third-party and customer relationships

- A10.2 Allocating responsibilities
- A.10.3 Suppliers
- A.10.4 Customers

2.2. Changes That ISO/IEC 42001:2023 Will Bring to Organizations

AI technologies are changing a wide range of areas from business to public services. However, this rapid progress creates significant responsibilities for organizations in terms of ethical management, reliability, data privacy and regulatory compliance. The ISO/IEC 42001:2023 Artificial Intelligence Management System Standard provides an international framework that guides organizations to manage their AI-based systems in a transparent, fair, secure and sustainable manner. This standard helps organizations increase their operational efficiency, improve their legal compliance processes and gain competitive advantage. These issues are explained below.

Data Security and Information Management: The success of AI systems largely depends on the quality and security of the data. ISO/IEC 42001:2023 provides guidance on structuring data management processes. In terms of data privacy, data used in AI applications must be anonymized, encrypted, and processed in accordance with international regulations (e.g. GDPR) (IEEE, 2023). In terms of information security, AI algorithms must be integrated with information security management systems (e.g. ISO/IEC 27001:2022) to protect them against cyber attacks and data manipulation. In terms of transparency and accountability, the decision-making processes of AI systems must be clearly documented and traceable. Thus, user and stakeholder trust is ensured.

Operational Efficiency and Cost Reduction: AI technologies automate companies' operational processes, increasing efficiency and reducing costs. The processes standardized by ISO/IEC 42001:2023 ensure that these advantages become sustainable. Strategic decision-making processes are accelerated and accuracy is increased with decision support systems, big data analytics and forecasting systems. With the use of AI systems, efficient use of human resources is ensured, and employees focus on more strategic tasks, increasing productivity.

Regulatory Compliance and Legal Framework: Due to the increasing legal control and regulation of AI applications, ISO/IEC 42001:2023 facilitates companies' compliance with regulations. In international regulations, regulatory texts such as the European Union Artificial Intelligence Act (AI Act) require ethical and fair use of AI systems. As integrated management systems, ISO/IEC 42001:2023 works in integration with information security standards such as ISO/IEC 27001:2022, minimizing legal risks (European Commission, 2024). By reducing legal risks, companies are able to avoid legal coercions and protect their reputations with the standards applied..

Competitive Advantage, Market Access and Innovation: Companies with ISO/IEC 42001:2023 certification gain a competitive advantage in the global market. These advantages ensure that companies are perceived as more reliable by business partners, investors and customers. Customer trust increases with ethical and transparent AI applications. In the field of international trade, ISO certifications facilitate the recognition of companies in international markets and the evaluation of new business opportunities. AI applications play a key role in the development of new products and services. As a market differentiator, ISO/IEC 42001:2023 certification helps organizations achieve market leadership with reliable and ethical AI applications.

2.3. Technical Details and Application Processes

ISO/IEC 42001:2023 provides guidelines on how companies should technically manage AI systems.

Technical Lifecycle and Data Management: The technical life cycle of AI projects includes data collection, AI algorithm model training, deployment, and continuous monitoring. Automatic data cleaning, labeling, and anonymization techniques are used to create high-quality data sets in the collection and cleaning of data. Data quality is the basis of AI algorithm model performance. Through AI algorithm model training and validation, AI models are tested under different scenarios to reduce statistical bias and ensure model accuracy (NIST, 2021). With deployment and continuous monitoring, the performance of the AI algorithm model in the live environment is continuously monitored and necessary updates are made automatically.

Automation, Integration and Process Improvement: Automation plays a critical role in optimizing processes in AI applications. ISO/IEC 42001:2023 creates synergy in data security, quality management and process improvement by encouraging integration with other management system architectures, ISO/IEC 9001:2015 and ISO/IEC 27001:2022 standards. Continuous improvement, automatic error detection and intervention mechanisms are created within the framework of the PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle with process improvement approaches. Technical monitoring systems and real-time monitoring tools detect the performance and security vulnerabilities of AI systems and ensure the sustainability of the system with automatic updates.

3. Challenges of Implementing an ISO/IEC 42001:2023 Artificial Intelligence Management System

ISO/IEC 42001:2023 is recognized as an international standard for the ethical, reliable, transparent, impartial, unbiased and sustainable management of AI technologies. However, companies face significant challenges in implementing the standard. These challenges have a multifaceted structure, encompassing technical, financial, organizational, regulatory and human resource dimensions.

Technical Complexity and Infrastructure Requirements: The implementation of ISO/IEC 42001:2023 requires a complex process covering the entire life cycle of AI systems (NIST, 2021; IEEE, 2023). This process consists of stages such as data collection, model training, use and monitoring. However, each of these stages has significant technical challenges. For example, the performance of AI algorithm models depends on the quality of the datasets used. Processes such as data cleaning, labeling, and anonymization are both time and resource-intensive processes. In addition, testing models in real-world scenarios and reporting false positive/negative rates, especially in complex algorithm models, requires technical expertise and hardware computing power. In addition, the integration of AI systems into the existing IT infrastructure can lead to compatibility problems with legacy systems. This requires organizations to renew or make their infrastructures compatible.

Cost and Resource Allocation: The costs of implementing ISO/IEC 42001:2023 include infrastructure, technology investments, training and consultancy costs and the certification process. In particular, high-performance computing resources (e.g. GPUs) and cloud computing services are required for the development and management of AI systems. Such investments create a large financial burden, especially for SMEs. The technical and managerial skills required by ISO/IEC 42001:2023 require training of employees and the acquisition of expert consultancy services. This means additional costs. The certification process, on the other hand, brings additional costs due to independent audits and certification processes. All these factors make the implementation of ISO/IEC 42001:2023 a financially challenging process.

Organizational Change and Cultural Transformation: The successful implementation of ISO/IEC 42001:2023 requires significant changes in the organizational structure and culture of organizations (Kotter, 2012). This change process includes elements such as leadership, strategic vision, cross-functional collaboration and resistance to change. The implementation of an AI system is directly related to the leadership and strategic vision of top management. However, the lack of vision in organizations hinders the implementation process. ISO/IEC 42001:2023

requires cross-functional collaboration between different disciplines such as IT, data science, law and ethics. This can lead to various difficulties in organizations with hierarchical structures. In addition, it takes time and training for employees to adapt to new processes and technologies. The resistance to change that occurs during this process can negatively affect the success of the implementation.

Regulatory Compliance and Legal Uncertainties: ISO/IEC 42001:2023 requires AI systems to be compliant with local and international regulations (EU AI Act, 2024; GDPR, 2018). The challenges in this process arise from factors such as rapid change in regulations and compliance with multiple jurisdictions. While AI technologies are rapidly developing, regulations are struggling to keep up with this pace. This creates legal uncertainties for companies. Companies with global operations in particular must comply with different regulations from different countries. This is a complex process, especially in terms of data privacy and algorithmic transparency. For example, the European Union's GDPR regulations and the AI Act, which will come into force soon, are important regulations that institutions must comply with.

Human Resource Shortage and Skills Gap: The implementation of ISO/IEC 42001:2023 requires a high level of technical and managerial skills (World Economic Forum, 2023; UNESCO, 2023). The lack of trained human resources in this area is a significant challenge. The development and management of AI algorithm models requires qualified personnel such as data scientists, AI engineers and ethicists. The skills gap in this area slows down the implementation process. Training existing employees requires time and resources. The effectiveness of training programs directly affects the success of institutions. Therefore, the lack of human resources and skills gap is one of the biggest obstacles to the implementation of ISO/IEC 42001:2023.

5. Conclusion and Recommendations

As a result of the examination of Annex-A clauses of the standard, the implementation of ISO/IEC 42001:2023 allows companies to use AI technologies in a more reliable, transparent, impartial, unbiased, ethical and sustainable manner. However the technical, financial and organizational difficulties encountered during the implementation process necessitate strategic interventions for the effective implementation of this standard. By adopting these standards, organizations can not only protect their legal compliance and reputation, but also gain competitive advantage. When integrated with ISO/IEC 27001:2022, synergy is created in critical areas such as data security, process efficiency and regulatory compliance. In the future,

the wider adoption of this integration will accelerate companies' digital transformation processes, increase their competitive advantage and support their long-term sustainability strategies. In this context, comprehensive training programs, advanced technology investments and the development of integrated management systems will ensure that the advantages offered by both ISO/IEC 42001:2023 and ISO/IEC 27001:2022 are used to the maximum extent. In this regard, it is of great importance to support both academic and applied studies and to constantly follow new technological developments.

ISO/IEC 42001:2023 promotes critical principles such as transparency, accountability, unbiased, trustworthiness and ethical compliance in the management of AI applications. This comprehensive framework prevents many organizations from managing AI systems haphazardly or in an unorganized manner. They are also guided within a specific methodology. Considering the challenges in the adoption and effective implementation of this standard;

1. As the standard is still in its early stages, clear implementation guidelines and industry-specific roadmaps for organizations are lacking.
2. High implementation costs are an obstacle for SMEs with insufficient technical infrastructure and organizations in developing countries.
3. Lack of coordination between different departments within the organization (HR, Legal, IT, etc.) makes it difficult to implement AI management systems with a holistic approach.
4. More technical guidelines are needed on how integration processes should occur with other management systems, such as ISO/IEC 27001:2022 and ISO/IEC 9001:2015.

Despite this, the necessity of such a standard for the responsible management of AI in organizations is an indisputable fact. While AI systems create radical changes in many sectors, the widespread use of standards such as ISO/IEC 42001:2023 will provide a great advantage in minimizing ethical risks and security threats. Some recommendations at the technical and operational level are presented below to implement ISO/IEC 42001:2023 more effectively.

1. Technical Infrastructure and Algorithm Model Security

- AI model risk management processes should be developed. The data sets used in training the model should be impartial, balanced and in compliance with ethical rules.

- Protection mechanisms against hostile AI attacks should be developed. Security mechanisms should be created against attacks such as model manipulation, data corruption, and reverse engineering.
- Model versioning and continuous validation processes should be clearly defined in ISO/IEC 42001:2023. In particular, AI models should be updated regularly and their performance should be tested.
- The principles of explainability (XAI) in AI systems should be further promoted so that companies and users can better understand AI decisions.

2. Data Management and ISO/IEC 27001:2022 Integration

- Information security processes should be strengthened by integrating ISO/IEC 42001:2023 with ISO/IEC 27001:2022.
- Data classification and access controls should be detailed for AI models. Access authorizations should be tied to strict rules, especially in systems that work with sensitive data.
- Data security should be maximized in AI systems by implementing data anonymization, encryption and strict access policies.

3. Performance Evaluation and Continuous Monitoring of AI Model

- Auditability of AI models should be made mandatory within the scope of ISO/IEC 42001:2023. False decision rates, margins of error and model updates should be continuously monitored with performance monitoring systems.
- AI model audits should be conducted by independent organizations. Just like the independent audits conducted in the information security processes of ISO/IEC 27001:2022, external audit mechanisms should be established for ISO/IEC 42001:2023.
- Automatic error detection and correction systems should be developed. When the decisions made by the AI model in the live environment are wrong, the model should be able to improve itself with automatic feedback mechanisms.

4. Organizational Structure and Human Resources Strategy

- International training programs should be created to train ISO/IEC 42001:2023 certified experts, and companies should implement policies that encourage this training.
- Intra-organizational AI ethics committees should be established. An internal audit mechanism should be established, including experts from different departments, for compliance audits with the ISO/IEC 42001:2023 standard.

- Employee awareness training should be made mandatory. ISO/IEC 42001:2023 should be made understandable and included in training programs for all employees within the organization, not just technical teams.

These recommendations can help make ISO/IEC 42001:2023 more widely applicable in organizations. Such frameworks need to be continuously developed to strengthen global standards for the ethical and reliable operation of AI systems. ISO/IEC 42001:2023 is one of the most important steps towards ensuring that AI becomes a more reliable, auditable, transparent, unbiased and sustainable technology in the future. Therefore, serious efforts are required at both technical and organizational levels for its effective implementation.

References

- Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., & Vayena, E. (2018). *AI4People—An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations*. *Minds and Machines*, 28(4), 689-707.
- Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). *The Global Landscape of AI Ethics Guidelines*. *Nature Machine Intelligence*, 1(9), 389-399.
- Wirtz, B. W., Weyerer, J. C., & Geyer, C. (2020). *Artificial Intelligence and the Public Sector Applications and Challenges*. *International Journal of Public Administration*, 42(7), 596-615.
- European Commission. (2024). *Regulation on Artificial Intelligence (AI Act)*.
- IEEE. (2023). *Ethically Aligned Design: Prioritizing Human Well-being with AI*.
- ISO/IEC 42001:2023 Standard
- NIST. (2021). *Artificial Intelligence Risk Management Framework*.
- UNESCO. (2023). *AI in Education: Bridging the Skill Gap*.
- OECD (2023). *AI Certification in Public Procurement: Global Trends*.
- Kotter, J. P. (2012). *Leading Change*. Harvard Business Review Press.
- EU AI Act (2024). *Regulation on Artificial Intelligence: Risk-Based Approach*. European Commission.
- GDPR (2018). *General Data Protection Regulation*.
- World Economic Forum (2023). *The Global AI Talent Shortage*.

Рамин Мусаев

25252525-32@rambler.ru

Российская Академия Наук (РАН)

Информационный Центр по Правам Человека

Аннотация. В статье раскрывается понятие Искусственного интеллекта(ИИ) , раскрывается структура искусственного интеллекта , описывается применение ИИ в организации здравоохранения , применение ИИ в диагностике, лечении и реабилитации в медицине и в фармакологии в разработке новых лекарств .

Ключевые слова . Искусственный интеллект, Понятие ИИ , структура Искусственного интеллекта, ИИ в здравоохранении, ИИ в медицин

I.Введение .Актуальность темы . Внедрение систем искусственного интеллекта в медицине – это один из важнейших современных трендов мирового здравоохранения. Технология искусственного интеллекта в корне меняют мировую систему здравоохранения, позволяя кардинальным образом переработать систему медицинской диагностики, а также в целом повысить качество услуг здравоохранения при одновременном снижении расходов для медицинских клиник.

Предметом исследования описать как используется искусственный интеллект в здравоохранении и в медицине и выяснить перспективы использования искусственного интеллекта в медицине.

Цель данной статьи : раскрыть понятие Искусственного интеллекта(ИИ) , описать структуру искусственного интеллекта , описать применение ИИ в организации здравоохранения , применение ИИ в диагностике, лечении и реабилитации в медицине и в фармакологии в разработке новых лекарств а также изучить доступность сервисов диагностики и лечение заболеваний с помощью искусственного интеллекта.

II.Понятие и структура Искусственного интеллекта Искусственный интеллект(ИИ) – явление сложное, многогранное и междотраслевое. Для того чтобы более четко уяснить правовую природу ИИ в гражданском и иных отраслях права, необходимо рассмотреть его понятие и структуру. Весь мир в XXI в. плотно погрузился в цифровизацию процессов жизнедеятельности. Представляется, что ее высшим уровнем должно стать создание и повсеместное внедрение ИИ. При этом последний не должен заменить человека при принятии решений, а призван лишь стать помощником в их выработке. Это позволит в полной мере контролировать деятельность ИИ и, соответственно, нести ответственность за ее

результаты. Виртуальное модельное государство может быть использовано также для поиска технологий опережающего развития, методов перехода от сырьевой экономики к инновационному государству. Модельное государство может позволить находить и внедрять новые идеи и принципы, которые обеспечат рывок вперед в современных условиях. (1) Таким образом, разработка и внедрение ИИ во все сферы деятельности – это вопрос уже сегодняшнего дня. Прогресс не стоит на месте, а использование устаревших механизмов решения поставленных задач приведет к стагнации. Говоря о понятии ИИ, представляется необходимым обратиться к его истокам в общем комплексе кибернетических исследований. В науке ставятся прогрессивные задачи в сфере разработки ИИ и построения теории интеллекта. Предполагается, что базироваться указанная теория будет на передовых методах и технологиях обработки информации. Термин «искусственный интеллект» (англ. artificial intelligence) был введен в научный обиход в 1956 г. на семинаре в Стэнфордском университете (США). Авторство приписывается Д. Маккартни, которого считают одним из первооткрывателей ИИ(2). Он заявил: «Мы предлагаем исследование искусственного интеллекта сроком в 2 месяца с участием 10 человек летом 1956 года в Дартмутском колледже, Гановер, Нью-Гемпшир. Исследование основано на предположении, что всякий аспект обучения или любое другое свойство интеллекта может в принципе быть столь точно описано, что машина сможет его симулировать. Мы попытаемся понять, как обучить машины использовать естественные языки, формировать абстракции и концепции, решать задачи, сейчас подвластные только людям, и улучшать самих себя»(3).

Представляется, что Маккартни имел в виду под основными свойствами ИИ реализацию определенных умственных способностей человека (умение рассуждать разумно).

На законодательном уровне в Российской Федерации понятие ИИ впервые было дано в Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 г., утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490. Так, согласно ей, **ИИ представляет собой комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые как минимум с результатами интеллектуальной деятельности человека. Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение (в том числе такое, в котором используются методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений** ((4) Приведенная дефиниция отражает область применения ИИ в общем виде, его структуру и конечную цель, вместе с тем она имеет ярко выраженный технический, а не правовой оттенок и носит бланкетный характер. ИИ как сложная система включает в себя набор определенных элементов, с помощью которых функционирует. Структура ИИ определяется его внутренним содержанием, в первую очередь технической составляющей.

Из понятия ИИ, принятого в указе № 490, следует, что в него входит комплекс технологических решений, выраженный в информационно-коммуникационной инфраструктуре, программном обеспечении, а также процессах и сервисах по обработке данных и поиску решений. При этом в указе заложены перспективные требования к указанному комплексу: он должен позволять имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые как минимум с результатами интеллектуальной деятельности человека. Как видно, требования к ИИ, содержащиеся в указе, существенно отличаются от тех, что подразумевались по смыслу термина, предложенного Маккартни. Теперь от ИИ требуется не просто рассуждать подобно человеку, а достигать определенных результатов, сходных с результатами человеческой жизнедеятельности.

Чтобы детально понять, насколько государство с точки зрения права подготовило почву для деятельности ИИ, необходимо исследовать весь понятийный аппарат в данной сфере. Так, в указе дается понятие технологического решения: технология, программа для электронно-вычислительных машин (программа для ЭВМ), база данных или их совокупность, а также сведения о наиболее эффективных способах их использования.

Представляется необходимым более подробно раскрыть содержание технологического решения, выделив его структурные элементы, а также определить, что входит в комплекс, образующий ИИ. Согласно ст. 1261 ГК РФ программой для ЭВМ является представленная в объективной форме совокупность данных и команд, предназначенных для функционирования ЭВМ и других компьютерных устройств в целях получения определенного результата, включая подготовительные материалы, извлеченные в ходе разработки программы для ЭВМ, и порождаемые ею аудиовизуальные отображения.

Под базой данных понимается их совокупность, организованная по установленным правилам, предусматривающим общие принципы описания, хранения и манипулирования данными, независимая от прикладных программ(5) Указанные данные относятся к определенной предметной области и организованы таким образом, что могут быть использованы для решения многих задач разными пользователями(6).

Процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений образуют науку о данных – Data Science, предметом изучения которой являются методы анализа данных для получения значимой информации и новых знаний. Она необходима для машинного обучения и реализации науки о мышлении (Cognitive Science). Data Science реализуется с помощью технологий для работы с большими данными (Big Data), итогом чего выступают проанализированные данные, с помощью которых обозначаются подходы к дальнейшей их обработке, сортировке, выборке и поиску(7) Указанный результат также именуется датасетом (dataset). Информационно-коммуникационной инфраструктурой является совокупность информационных и коммуникационных инфраструктур. Информационная инфраструктура – взаимосвязанная совокупность информационных систем и

подсистем. Коммуникационная инфраструктура – сетевая инфраструктура, обеспечивающая передачу информации между территориально распределенными источниками и получателями, состоящая из линий связи, использующих различные среды распространения электромагнитных сигналов, и оборудования, обеспечивающего прием, передачу этих сигналов и их обработку в процессе этой передачи(8)/ Сетевая инфраструктура образует группу взаимосвязанных компьютерных систем, связанных различными частями телекоммуникационной архитектуры. В нее входит организация как отдельных сетевых компьютеров, так и маршрутизаторов, кабелей, точек беспроводного доступа, коммутаторов, магистралей, сетевых протоколов и методологий доступа к сети. Указанная инфраструктура, состоящая из перечисленных частей и их конфигурации, может быть открытой или закрытой. Открытая инфраструктура выражается в использовании архитектуры Интернета, а закрытая – частной интрасети. При этом могут использоваться как проводные, так и беспроводные сетевые соединения, а также комбинации того и другого (9) .

Совокупность компьютерных программ и программных документов, необходимых для эксплуатации этих программ, именуется программным обеспечением(10).

ИИ, выполняя поставленные перед ним задачи, не обходится без применения программного обеспечения, в котором используются методы машинного обучения, хотя по смыслу указа № 490 для определения ИИ вовсе не обязательно использование программного обеспечения с данными методами.

В науке образовался определенный вакуум в определении понятия машинного обучения. В обобщенном виде оно представляет собой определенный свод методов и набор алгоритмов самостоятельного нахождения решений путем комплексного использования данных (dataset), из которых выводятся закономерности и на основе которых делаются прогнозы (11) .Так или иначе машинное обучение действует на основе алгоритмов, которые работают по принципу обучающейся математической модели. С помощью последней производится анализ большого объема данных, содержащихся в датасете, и на основе этого без следования жестко заданным правилам делаются определенные выводы. В самом обобщенном виде это и есть мыслительный процесс ИИ.

Математическая модель выражается в представлении реального мира с помощью возможностей математики в самом общем ее смысле. Основным предназначением такого рода моделей является прогнозирование поведения реального объекта. При этом указанное прогнозирование всегда представляет собой ту или иную степень идеализации последней(12). Внешнее выражение математических моделей представляется в виде уравнений или других математических соотношений. Они отражают собой основные свойства изучаемого объекта или явления в рамках принятой умозрительной физической модели. Также при их отражении учитываются особенности взаимодействия изучаемого объекта с окружающей средой на пространственно-временных границах области его локализации. Построение математических моделей производится, как правило, на языке дифференциальных уравнений, которые позволяют с наибольшей

точностью описать состояние процесса в произвольный момент времени и в любой точке пространства. Процесс построения моделей именуется математическим моделированием. Оно представляет собой идеальное научное знаковое формальное моделирование, при котором описание объекта осуществляется на языке математики. Процесс исследования модели проходит также с использованием тех или иных математических методов(13).

Выбор определенного математического метода и способа машинного обучения зависит от конкретной задачи. Основные задачи машинного обучения можно классифицировать следующим образом:

- регрессия, выражающаяся в предсказании числовых значений определенных признаков. Часто используется в сфере продаж при анализе данных об их объемах в предыдущие периоды для определения перспективных объемов;
- классификация – отнесение объекта с помощью предсказания к определенному классу. Как правило, используется в банковской сфере при определении перспектив возврата кредита определенными заемщиками на основе их предыдущих займов;
- кластеризация – разделение большого множества похожих между собой объектов на кластеры (классы) для образования определенных сегментов. Распространено при определении сегментов рынка, когда все потребители делятся на определенные классы исходя из анализа их покупательной способности и иных качеств;
- уменьшение размерности – образование из большого числа признаков меньшего для удобства их последующей визуализации. Образно говоря, это сжатие данных;
- поиск аномалий – выявление редких и нестандартных объектов, существенно отличающихся от остальных. Например, при анализе банковских операций выявляются нестандартные транзакции, не обусловленные обычной финансово-хозяйственной деятельностью, имеющие явно мошенническую цель(14)/.

Указанные задачи решаются определенными способами машинного обучения: обучение с учителем (supervised learning), обучение без учителя (unsupervised learning), обучение с частичным привлечением учителя (semi-supervised learning), обучение с подкреплением (reinforcement learning) и глубинное обучение (deep learning).

Реализация этих способов осуществляется посредством множества математических методов машинного обучения, которые также называют алгоритмами. Среди большого их количества можно назвать следующие наиболее применяемые: нейронные сети, линейная регрессия, логистическая регрессия, линейный дискриминантный анализ (LDA), деревья принятия решений, наивный Байесовский классификатор, К-ближайших соседей (KNN), сети векторного квантования (LVQ), метод опорных векторов (SVM), бэггинг и случайный лес, бустинг и AdaBoost.

Обучение осуществляется с помощью специального программного обеспечения. Сегодня чаще всего для создания программ машинного обучения используются языки программирования R, Python, Scala и Julia. Они поддерживаются многими

интегрированными средами разработки, в частности R-Studio, R-Brain, Visual Studio, Eclipse,

PyCharm, Spyder, IntelliJ IDEA, Jupyter Notebooks, Juno и др.

Чтобы после создания специальной программы процесс обучения был запущен, нужно загрузить в нее исходные данные (dataset)(15). Датасет для машинного обучения – это обработанная и структурированная информация в табличном виде. Строки такой таблицы называются объектами, а столбцы – признаками. Различают два вида признаков:

- независимые переменные – предикторы;
- зависимые переменные – целевые признаки, которые вычисляются на основе одного или нескольких предикторов(16).

Затем программа осуществляет математические вычисления по определенным методам и вырабатывает определенные решения. Если они не predeterminedены заранее, а спрогнозированы или предсказаны программой, то можно говорить об имитации ИИ когнитивных функций человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма). Однако процесс обучения все равно основан на определенных математических алгоритмах.

Все указанное образует структуру ИИ как единого комплекса, причем не всегда строго определенного. С технической точки зрения минимальным набором элементов ИИ в настоящее время остается наличие совокупности данных, информационно-коммуникационных сетей их передачи, аппаратного и программного обеспечения.

Центральное место в структуре ИИ, безусловно, занимают данные и процессы их сбора, передачи, обработки и анализа, основанные на математических методах

В настоящее время искусственный интеллект (ИИ) считается одним из важнейших направлений ИТ-исследований, двигателем прорывного индустриального роста, который в последнее время называют «Индустрией 4.0»

III. Основная часть ИИ в здравоохранении и в медицине . Использование ИИ может массово повысить точность диагностики, облегчить жизнь пациентам с различными заболеваниями, повысить скорость разработки и выпуска новых лекарств и т. д..

ИИ в организации здравоохранения .Работа с документами. Существуют приложения на основе ИИ, упрощающие документооборот в медицинских учреждениях. Например, технологии автоматизации процессов, такие как интеллектуальная автоматизация и RPA, помогают больницам автоматизировать рутинные операции с документами, в том числе отчетность. **Диагностика заболеваний и беременности женщин.** Ведение беременности. Регулярное наблюдение за здоровьем матери и плода необходимо, чтобы уменьшить беспокойство матери и обеспечить раннюю диагностику возможных патологий у нее и ребенка. Чат- боты уже могут с высокой эффективностью помогать пациентам самостоятельно ставить диагноз, а также помогать в постановке диагноза и врачам. Например, ИИ компании [Babylon Health](#) предоставляет соответствующую информацию о здоровье на основе симптомов, описанных самим пациентом. Понятно, что симптомы могут быть описаны неверно или

пациент может попытаться ввести ИИ в заблуждение умышленно. Поэтому в компании прямо заявляют, что их компьютерный ассистент не ставит диагноз. Это сделано для того, чтобы свести к минимуму юридическую ответственность компании, но в будущем мы наверняка увидим, как чат-боты будут ставить диагнозы по мере повышения точности их работы. А на перспективы ИИ в Babylon Health смотрят оптимистично, заявляя, что они уже доказали эффективность своего ИИ в первичной медико-санитарной помощи, а также смогли создать такую систему искусственного интеллекта для медицины, которая не является «черным ящиком». Это отличает их, например, от Alphabet, материнской компании Google, представители которой еще сравнительно недавно заявляли о том, что до сих пор не знают, что конкретно изучают их модели машинного обучения, о чём мы писали в статье, посвященной LLM. И пока сложно сказать, насколько они продвинулись в понимании алгоритмов работы своих программ глубокого обучения. А вот исследователи из Babylon Health продвинулись совершенно точно. Также современные ИИ решают проблемы приоритизации и медицинской сортировки. Рекомендации на основе глубокого анализа данных поступающих пациентов для обеспечения точной приоритизации и медицинской сортировки ИИ дает очень быстро в режиме реального времени. Наиболее известные решения для этих целей предлагает Enlitic. ИИ Enlitic Curie сканирует поступающих пациентов, обрабатывая множество клинических данных (в том числе учитываются и старые диагностические карты) и определяя приоритет на лечение, после чего сразу же направляет больных к наиболее подходящему врачу. Трудно переоценить пользу этих алгоритмов, исключающих из анализа человеческий фактор, ведь после того как они будут усовершенствованы, они помогут спасти тысячи жизней. Стоит рассказать и о новом алгоритме ИИ, который поможет диагностировать рак легких. Много лет человечество проигрывало борьбу с онкологическими заболеваниями, которые ежегодно убивают около 10 миллионов человек по всему миру. Одной из самых страшных форм онкологии является рак легких, распознавание которого на ранних стадиях и до сих пор является для ученых сложнейшей задачей. Но весьма вероятно, что справиться с этим человеку поможет искусственный интеллект. Исследователи из Бостонского университета разработали ИИ, который долгое время обучался на полноформатных фотографиях легочных тканей пациентов (размеры таких изображений составляют обычно более 1 Гб, что делает их анализ человеком крайне сложным). ИИ на примере фото обучали распознавать аденокарциному легкого, плоскоклеточный рак легкого и соседнюю не раковую ткань. Результаты обучения оказались положительными: алгоритм смог продемонстрировать более высокую эффективность, чем другие современные методы распознавания патологий на полноформатных слайдах. На данный момент новый алгоритм планируется внедрить в помощь патологоанатомам, однако при успешном внедрении возможности ИИ могут быть расширены, ведь главное — научиться диагностировать опасные заболевания на самых ранних стадиях, пока сохраняются высокие шансы на полноценное излечение. Существуют и компании, специализирующиеся на разработке ИИ-продуктов для ранней диагностики

различных заболеваний. Они позволяют анализировать хронические состояния, используя лабораторные и другие медицинские данные, чтобы выявлять опасные болезни как можно раньше. Так, программное обеспечение от Ezra использует ИИ при анализе МРТ-сканов всего тела, чтобы помочь специалистам в раннем выявлении рака. Их слоган говорит сам за себя: «Мы обнаружили самую большую слабость рака — раннее обнаружение». С помощью алгоритмов, разработанных командой Ezra, удалось выявить рак на ранней стадии у 13% людей, обследовавшихся при помощи этого ПО. И это большой успех, ведь согласно статистике, раннее выявление онкологии обеспечивает 80% выживаемость по сравнению с менее чем 20% при обнаружении рака на поздних стадиях. SkinVision — компания, занимающаяся диагностикой рака кожи на основе медицинской визуализации, то есть диагностикой по фото. ИИ, разработанный командой SkinVision, позволяет обнаруживать рак кожи на ранней стадии по фотографиям, сделанным на телефон. Умные алгоритмы после исследования очередного фото просигнализируют о том, если с кожей что-то не так. Таким образом, пациент сможет вовремя обратиться в клинику за помощью. Медицинская визуализация на основе ИИ также широко используется для диагностики ОРВИ и выявления пациентов, которым требуется клиническая поддержка. Например, китайская компания Huiying Medical разработала решение для медицинской визуализации на основе искусственного интеллекта с точностью определения пневмонии 96%, что позволит спасти драгоценные часы для своевременного лечения. **ИИ в лечении и реабилитации.** Проведение хирургических операций Уже в 2018 году было задействовано более 5 тысяч роботов, которые ассистировали хирургам более чем в 1 млн операций различной степени сложности. При этом создания полноценных роботов-хирургов в ближайших планах разработчиков пока нет, что вполне разумно, учитывая, какие ошибки порой может допускать ИИ. А вот в качестве ассистентов роботы могут стать незаменимыми для специалистов и вполне способны улучшить статистику проведения многих операций. Особенно это касается такой области, как микрохирургия. Хирургические роботы хорошо подходят для процедур, требующих одних и тех же повторяющихся действий, поскольку, в отличие от человека, роботы могут работать без усталости. Кроме того, ИИ может выявлять закономерности в хирургических процедурах, чтобы повысить точность управления роботами до субмиллиметровых значений. В качестве примера успешной работы роботов-ассистентов приведем исследование, в котором приняли участие 379 пациентов, перенесших ортопедические вмешательства, и было задействовано девять операционных. Исследование показало, что использование роботов с искусственным интеллектом в качестве ассистентов привело к пятикратному снижению осложнений по сравнению с операциями, выполняемыми хирургами в одиночку. В этой же статье указывается, что при правильном применении роботизированная хирургия с помощью ИИ также может обеспечить сокращение продолжительности пребывания пациентов в больнице после операции. Сократить это время можно на 21% в результате меньшего количества осложнений и ошибок в лечении, что даст ежегодную экономию в отрасли в размере 40 миллиардов долларов. А в мае 2022 года ученые

из американского Northwestern University представили свою новейшую разработку: крошечного робота-краба толщиной всего лишь 0,5 мм. Этот «малыш», разглядеть которого без специальной оптики практически нереально, способен не просто двигаться, но также крутиться на месте, подпрыгивать и даже ползать. Мини-крабик стал первым изобретением, о котором заговорили как о прототипе роботов будущего. Такие роботы будут способны ремонтировать что угодно: вспомните наноботов из различных компьютерных игр и фильмов — теперь это вряд ли покажется кому-то фантастикой. И при достаточном уровне ИИ эти маленькие помощники смогут под контролем хирурга проводить малоинвазивные процедуры, избавляя пациентов от закупорки артерий или даже от злокачественных новообразований. Перспективы диагностики последних, кстати, тоже стали выглядеть весьма радужно благодаря изобретению ученых из Бостонского университета, о котором мы расскажем ниже. А пока вернемся к нашему «малышу». В конструкции крабика отсутствуют электросхемы — он выполнен из металлического сплава с хорошим эффектом памяти формы. Этот сплав имеет свойство изменять форму при нагреве, а при охлаждении принимает первоначальную. При этом материал, из которого изготовлен робот-краб, позволяет менять состояние достаточно часто для того, чтобы микроробот мог ходить и прыгать. Форму материала меняет лазерный луч, «уколы» которого в соответствующие точки на «теле» крабика заставляют последнего выполнять различные действия. Как отмечает руководитель проекта Джон Роджерс, эта технология уже позволяет создавать роботов практически любого размера и формы: например, червяков, жуков и кузнечиков они с коллегами уже сделали. Интересно, что 4 года назад исследователи из Гарвардского университета представили робота-паука толщиной 1 см, для контроля которого использовались те же принципы управления состоянием материалов. При этом в Гарварде также подчеркивали, что целевой областью этой разработки является именно медицина. Впрочем, миллиарды транзисторов в современных процессорах уже никого не удивляют, так почему же должен удивить полумиллиметровый робот-краб? Наверное, потому что он такой первый, представленный широкой общественности.

Терапевтические назначения и лечение отдельных заболеваний .В этой области методы искусственного интеллекта применяются, в частности, для решения проблемы ошибок в дозировке лекарств. И результаты показали, что искусственный интеллект может назначать дозировки более точно, чем терапевты, повышая эффективность лечения и попутно экономя значительные суммы для клиник. Так, один из подходов, называемый **параболическим персонализированным дозированием (PPD)**, основан на алгебраических уравнениях для связи фенотипа с концентрацией препарата (в исследовании рассматривались иммунодепрессанты). Путем исследования реакций пациента во время курса лечения по выведенному уравнению создается двумерная парабола, указывающая на следующую дозу, которую должен получить пациент. Подход PPD был протестирован на четырех пациентах, а затем его сравнили со стандартными методами терапии, когда лекарства назначались по рекомендации

врача. Пациенты, лечение которых осуществлялось по PPD, выходили за пределы минимально необходимых дозировок реже и в течение более коротких периодов времени, чем контрольная группа под руководством терапевта, что позволяет предположить, что уравнение точнее предсказывает следующие дозы. Подход PPD впервые был опробован в трансплантационной медицине, однако прогнозируется его широкое применение за пределами этой области, в том числе и обычными терапевтами. Дело в том, что параболическое персонализированное дозирование не зависит от механизма заболевания или выбора препарата и, таким образом, может определять оптимальные схемы лечения для многих типов пациентов. Например, применение PPD возможно и в тех случаях, когда пациент подвергается таким процедурам, как гемодиализ, которые могут препятствовать распределению лекарства в организме. Это возможно, поскольку парабола смещается по мере того, как добавляются новые лекарства или убираются уже не нужные, или когда пациент проходит дополнительные клинические процедуры. Из других примеров можно отметить компании GNS Healthcare и Oncora Medicals. Первая использует машинное обучение, чтобы подбирать для пациентов наиболее эффективные методы лечения. А программное обеспечение второй, разработанное на основе ИИ, анализирует и изучает данные и ресурсы, которыми располагают конкретные клиники, специализирующиеся на борьбе с онкологией, чтобы обеспечить пациентам наилучшее лечение в определенных условиях. Ряд систем ИИ позволяют медицинским учреждениям детально анализировать клинические данные и получать более глубокое представление о здоровье пациентов. Это дает возможность снизить стоимость медицинской помощи, используя ресурсы более эффективно, и значительно упростить заботу о здоровье населения. На развитии этих технологий для клиник специализируется компания Zakipoint Health. Их продукт отображает всю важную информацию на одной панели инструментов и предлагает индивидуальные программы лечения. Таким образом, современные медицинские программы на основе ИИ находят лучшие планы лечения в соответствии с клиническими данными пациентов и могут гибко изменять эти планы под влиянием сопутствующих факторов, что снижает затраты и повышает эффективность лечения. **ИИ в реабилитации** Уход за пациентами. Системы ИИ уже нашли широкое применение и в этой сфере. Например, компания Wellframe предоставляет мобильное ПО Medicare, разработанное специально для сиделок и медсестер. Ряд клинических модулей, разработанных на основе доказательной медицины, позволяет специалистам по уходу за пациентами находить индивидуальный подход к каждому. При этом приложение существенно облегчает жизнь не только сиделкам, но и не выходящим из дома пациентам, которые могут пользоваться им самостоятельно. **В функции Medicare** входят напоминания о приеме лекарств, возможность оперативных консультаций с различными специалистами, подбор полезной медицинской литературы и многое другое. А в Positronic разработали перспективное решение в области глубокого обучения, которое точно предсказывает возможный исход, прежде чем пациент попытается покинуть палату. Это позволяет улучшать профилактику заболеваний и осложнений в больницах и домах престарелых. На главной

странице сайта компании на самом видном месте красуются гордые цифры: более 3,7 Пб обработанных данных, более 67 миллионов сделанных прогнозов и почти 19 тысяч сэкономленных часов. Диагностика заболеваний Чат- боты уже могут с высокой эффективностью помогать пациентам самостоятельно ставить диагноз, а также помогать в постановке диагноза и врачам. Например, ИИ компании [Babylon Health](#) предоставляет соответствующую информацию о здоровье на основе симптомов, описанных самим пациентом. Понятно, что симптомы могут быть описаны неверно или пациент может попытаться ввести ИИ в заблуждение умышленно. Поэтому в компании прямо заявляют, что их компьютерный ассистент не ставит диагноз. Это сделано для того, чтобы свести к минимуму юридическую ответственность компании, но в будущем мы наверняка увидим, как чат-боты будут ставить диагнозы по мере повышения точности их работы. А на перспективы ИИ в Babylon Health смотрят оптимистично, заявляя, что они уже доказали эффективность своего ИИ в первичной медико-санитарной помощи, а также смогли создать такую систему искусственного интеллекта для медицины, которая не является «черным ящиком». Это отличает их, например, от Alphabet, материнской компании Google, представители которой еще сравнительно недавно заявляли о том, что до сих пор не знают, что конкретно изучают их модели машинного обучения, о чём мы писали в статье, посвященной LLM. И пока сложно сказать, насколько они продвинулись в понимании алгоритмов работы своих программ глубокого обучения. А вот исследователи из Babylon Health продвинулись совершенно точно. Также современные ИИ решают проблемы приоритизации и медицинской сортировки. Рекомендации на основе глубокого анализа данных поступающих пациентов для обеспечения точной приоритизации и медицинской сортировки ИИ дает очень быстро в режиме реального времени. Наиболее известные решения для этих целей предлагает Enlitic. ИИ Enlitic Curie сканирует поступающих пациентов, обрабатывая множество клинических данных (в том числе учитываются и старые диагностические карты) и определяя приоритет на лечение, после чего сразу же направляет больных к наиболее подходящему врачу. Трудно переоценить пользу этих алгоритмов, исключающих из анализа человеческий фактор, ведь после того как они будут усовершенствованы, они помогут спасти тысячи жизней. Более подробно о комплексных решениях Enlitic Curie .Стоит рассказать и о новом алгоритме ИИ, который поможет диагностировать рак легких. Много лет человечество проигрывало борьбу с онкологическими заболеваниями, которые ежегодно убивают около 10 миллионов человек по всему миру. Одной из самых страшных форм онкологии является рак легких, распознавание которого на ранних стадиях и до сих пор является для ученых сложнейшей задачей. Но весьма вероятно, что справиться с этим человеку поможет искусственный интеллект. Исследователи из Бостонского университета разработали ИИ, который долгое время обучался на полноформатных фотографиях легочных тканей пациентов (размеры таких изображений составляют обычно более 1 Гб, что делает их анализ человеком крайне сложным). ИИ на примере фото обучали распознавать аденокарциному легкого, плоскоклеточный рак легкого и соседнюю не раковую

ткань. Результаты обучения оказались положительными: алгоритм смог продемонстрировать более высокую эффективность, чем другие современные методы распознавания патологий на полноформатных слайдах. На данный момент новый алгоритм планируется внедрить в помощь патологоанатомам, однако при успешном внедрении возможности ИИ могут быть расширены, ведь главное — научиться диагностировать опасные заболевания на самых ранних стадиях, пока сохраняются высокие шансы на полноценное излечение. Существуют и компании, специализирующиеся на разработке ИИ-продуктов для ранней диагностики различных заболеваний. Они позволяют анализировать хронические состояния, используя лабораторные и другие медицинские данные, чтобы выявлять опасные болезни как можно раньше. Так, программное обеспечение от Ezra использует ИИ при анализе МРТ-сканов всего тела, чтобы помочь специалистам в раннем выявлении рака. Их слоган говорит сам за себя: «Мы обнаружили самую большую слабость рака — раннее обнаружение». С помощью алгоритмов, разработанных командой Ezra, удалось выявить рак на ранней стадии у 13% людей, обследовавшихся при помощи этого ПО. И это большой успех, ведь согласно статистике, раннее выявление онкологии обеспечивает 80% выживаемость по сравнению с менее чем 20% при обнаружении рака на поздних стадиях.

ИИ в фармакологии Разработка лекарств. ИИ позволяет находить новые лекарства на основе имеющихся биомедицинских данных. Так, биофармацевтическая компания NuMedii уже создала технологию AIDD (искусственный интеллект для обнаружения лекарств), которая использует большие объемы данных (BigData) и ИИ для быстрого обнаружения связей между лекарствами и заболеваниями на системном уровне. Компания занимается этим уже более 10 лет. За это время была извлечена информация из тысяч разрозненных хранилищ данных и создана собственная структурированная база данных, охватывающая сотни заболеваний и тысячи соединений. Запатентованные алгоритмы AIDD позволили ему выйти далеко за рамки традиционных подходов к поиску лекарств. Так, они могут повысить эффективность терапии за счет моделирования воздействия нового лекарства на организм при нескольких путях развития той или иной болезни.

Заключение.

Цель статьи в том, чтобы показать, насколько эффективным может быть ИИ, если использовать его в узкоспециальных областях. И медицинская наука — пожалуй, наиболее красноречивый пример для этого, как вы могли убедиться на многочисленных примерах. А в завершение хочется отметить, как росли и будут расти финансовые вложения в индустрию. Даже с учетом возможной коррекции из-за текущей ситуации в мире реальные цифры всё равно будут выше прошлогодних. Добавим, что общие суммы по годам указаны в миллионах долларов, то есть в 2021 году в технологии ИИ в медицине было вложено более 1 млрд долларов. И насколько может быть особенно в хирургии использование ИИ

сверхэффективным сделать операция в десятки раз менее кровотечным и практически швы не оставляют следов.

Литература

- 1) Голоскоков Л. В. О модернизации современного права и государства // Вестн. Москов. акад. Следств. комитета Рос. Федерации. 2020. № 4. С. 21–26.
- 2) См.: Винокурова Т. Н. Особенности терминологии, передающей понятия искусственного интеллекта в английском языке // Омск. науч. вестн. 2010. № 1 (85). С. 113.
- 3) Цит. по: Дубовская Н. П. Зарождение и золотой век искусственного интеллекта // Молодой ученый. 2017. № 49 (183). С. 20–22.
- 4) См.: О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации : указ Президента Рос. Федерации от 10.10.2019 № 490 (вместе с Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года) // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2019. № 41. Ст. 5700.
- 5) См.: ГОСТ 20886-85. Организация данных в системах обработки данных. Термины и определения. Информационная технология. Термины и определения. М., 2005.
- 6) 6 См.: Карпова И. П. Базы данных. Курс лекций и материалы для практических заданий : учеб. пособие. М., 2013. С. 7.
- 7) См.: Нейронные сети, машинное обучение и искусственный интеллект: в чем разница и для чего их используют. URL: <https://evergreens.com.ua/ru/articles/machine-learning-overview.html> (дата обращения: 19.05.2021).
- 8) См.: Глоссарий (термины и определения) к проекту Концепции развития информационно-коммуникационной инфраструктуры и технологий в Российской Федерации (проект). URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/3464/> (дата обращения: 19.05.2021).
- 9) См.: Сетевая инфраструктура. URL: <https://mega-obzor.ru/setevaya-infrastruktura.html> (дата обращения: 19.05.2021).
- 10) См.: ГОСТ Р 51904-2002. Программное обеспечение встроенных систем. Общие требования к разработке и документированию. М., 2005.
- 11) См.: Алексеев Г. Введение в машинное обучение. URL: <https://habr.com/ru/post/448892/> (дата обращения: 19.05.2021).
- 12) См.: Андронов А. А., Витт А. А., Хайкин С. Э. Теория колебаний. 2-е изд., перераб. и испр. М., 1981. 918 с.
- 14) См.: Звонарев С. В. Основы математического моделирования : учеб. пособие. Екатеринбург, 2019. С. 22–23.
- 15) См.: Что такое машинное обучение? Методы, типы, задачи и примеры машинного обучения. URL: <https://yandex.ru/turbo/mining-cryptocurrency.ru/s/mashinnoe-obuchenie-metody-tipy/> (дата обращения: 19.05.2021).
- 16) См.: Павленко А. Машинное обучение: алгоритмы, виды, задачи, функции. URL: <https://otus.ru/nest/post/1224/> (дата обращения: 19.05.2021).

- 17)См.: Универсальный подход (почти) к любой задаче машинного обучения.
URL: [http://datareview.info/article/ universalnyj-podxod-pochti-k-lyuboj-zadache-mashinnogo-obucheniya/](http://datareview.info/article/universalnyj-podxod-pochti-k-lyuboj-zadache-mashinnogo-obucheniya/) (дата обращения: 19.05.2021).
- 18). Сверхразум как бизнес-идея // URL: <http://fastsalttimes.com/sections/technology/865.html> (дата обращения 07.03.2017)
- 19). ANDREW NG. What Artificial Intelligence Can and Can't Do Right Now // Harvard Business Review. URL: <https://hbr.org/2016/11/whatartificial-intelligence-can-and-cant-do-right-now> (дата обращения 03.05.2017)
20. Poker-Playing Engineers Take on AI Machine - And Get Thrashed // URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-04-10/poker-ai-again-trounces-human-challengers-from-china-this-time> (дата обращения 03.05.2017)
- 21). From coding to cancer: How AI is changing medicine - NBR, CNBC.com // URL: <http://nbr.com/2017/05/11/from-coding-to-cancer-how-ai-is-changing-medicine/> (дата обращения 14.05.2017)
- 22). Microsoft Build 2017: Microsoft AI – Amplify human ingenuity // URL: <https://blogs.microsoft.com/blog/2017/05/10/microsoftbuild-2017-microsoft-ai-amplify-human-ingenuity/#sm.0000wf98mzy2dfiyr722jw syktgq6> (дата обращения 14.05.2017).
- 23)Artificial Intelligence for Mental Health and Mental Illnesses: an Over-view / Sarah Graham [et al.] // Current psychiatry reports. – Nov. 2019. – Vol. 21(11). – doi: 10.1007/s11920-019-1094-0.

Abstract. The article reveals the concept of Artificial Intelligence (AI), reveals the structure of artificial intelligence, describes the use of AI in the organization of healthcare, the use of AI in diagnostics, treatment and rehabilitation in medicine and in pharmacology in the development of new drugs.

Keywords . Artificial intelligence, the concept of AI, the structure of Artificial Intelligence, AI in healthcare, AI in medicine.

MAMOQRAFİK GÖRÜNTÜLƏRİN NEYRON ŞƏBƏKƏLƏR İLƏ TƏSNİFATI MODELİNİN EFFEKTİVLİYİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17205890>

Səadət Əmirzadə Eyvaz, Azərbaycan Dövlət Texniki Universiteti, Azərbaycan.

Email: saadat.amirzada.ez@student.aztu.edu.az

Nərgiz Pənəhova Əşrəf, Azərbaycan Dövlət Texniki Universiteti, Azərbaycan.

Email: nargiz.panahova.af@student.aztu.edu.az

Naidə Çunayeva Ömər, Azərbaycan Dövlət Texniki Universiteti, Azərbaycan.

Email: naida.chunayeva.or@student.aztu.edu.az

Alsu Orucova Mərdan, Azərbaycan Dövlət Texniki Universiteti, Azərbaycan.

Email: alsu.orucova.mn@student.aztu.edu.az

Arzu Hacızadə Oktay, Azərbaycan Dövlət Texniki Universiteti, Azərbaycan.

Email: arzu.hacizada.oy@student.aztu.edu.az

XÜLASƏ

Süni intellekt və maşın öyrənməsi texnologiyalarının səhiyyə sahəsində tətbiqi son illərdə xüsusi aktualıq qazanmışdır. Xüsusilə, döş xərçənginin erkən diaqnostikasında istifadə olunan mamografiya görüntülərin avtomatik emalı və düzgün təsnifatı üçün neyron şəbəkələrə əsaslanan modellərin tətbiqi tibbi diaqnostikada yeni imkanlar yaratmışdır. Bu tədqiqatda, dərin öyrənməyə əsaslanan konvolusion neyron şəbəkələri (CNN) vasitəsilə mamografiya görüntülərin benign və malign formalar üzrə təsnifatı araşdırılmış və bu modellərin effektivliyi müxtəlif göstəricilər – dəqiqlik (accuracy), həssaslıq (sensitivity), spesifiklik (specificity), F1 skoru və ROC-AUC əyriyələri əsasında qiymətləndirilmişdir. Tədqiqatın məqsədi mövcud neyron şəbəkə modellərinin (məsələn, ResNet, VGG, EfficientNet) real tibbi görüntülərdəki tətbiq imkanlarını sınaqdan keçirmək və onların diaqnostik qərar dəstəkləmə sistemlərində tətbiqinə dair praktik nəticələr təqdim etməkdir. Tədqiqat nəticəsində məlum olmuşdur ki, düzgün optimallaşdırılmış və kifayət qədər təlim verilmiş neyron şəbəkələr, təcrübəli radioloqlar səviyyəsində təsnifat nəticələri verə bilər. Bu isə, süni intellektin radiologiya sahəsində köməkçi vasitə kimi geniş istifadə imkanlarını təsdiqləyir.

Təqdim olunan modelin qiymətləndirilməsi zamanı həm statistik göstəricilər, həm də vizual interpretasiya alətləri (saliency maps, Grad-CAM) istifadə olunmuş, modelin hansı bölgələrə diqqət yetirdiyi də təhlil edilmişdir. Xülasə olaraq, bu tədqiqat mamografiya görüntülərin süni intellektlə analizi sahəsində tətbiq edilə bilən etibarlı və effektiv yanaşmanı ortaya qoyur və gələcək klinik inteqrasiya üçün mühüm baza yaradır.

Açar sözlər: Mamografiya, süni, döş, ROC-AUC, sensitivlik

Giriş

Süni intellektin (SI) və dərin öyrənmə texnologiyalarının inkişafı, tibbi görüntülərin emalı və analizi sahəsində inqilabi dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Bu texnologiyaların ən mühüm tətbiq sahələrindən biri döş xərçənginin erkən aşkar olunması üçün istifadə edilən mamografiya görüntülərin avtomatlaşdırılmış şəkildə təhlilidir. Döş xərçəngi dünyada qadınlar arasında ən çox rast gəlinən xərçəng növlərindən biridir və onun erkən mərhələdə aşkar olunması müalicə effektivliyinin artırılmasında mühüm rol oynayır. Ənənəvi

diaqnostika üsulları radioloqların subyektiv təcrübəsinə əsaslandığı üçün səhv nəticə riski və iş yükü yüksək ola bilər. Bu baxımdan, süni intellekt əsaslı diaqnostik sistemlər daha sürətli, dəqiq və obyektiv nəticələr əldə etmək üçün alternativ və əlavə imkanlar təklif edir. Son illərdə konvolyusion neyron şəbəkələri (CNN) mamografiya görüntülərin təsnifatında geniş istifadə edilməyə başlanmışdır. Bu modellər görüntülərdəki mürəkkəb və mikroskopik strukturların avtomatik şəkildə öyrənilməsi və fərqləndirilməsi üçün əlverişlidir. Tədqiqat çərçivəsində müxtəlif CNN arxitekturalarının – o cümlədən VGGNet, ResNet, DenseNet və EfficientNet – döş toxumasında olan anomaliyaları benign (xarici müdaxiləyə ehtiyac olmayan) və malign (xərçəng şübhəsi olan) kateqoriyalar üzrə düzgün təsnif etmə qabiliyyəti qiymətləndirilmişdir.

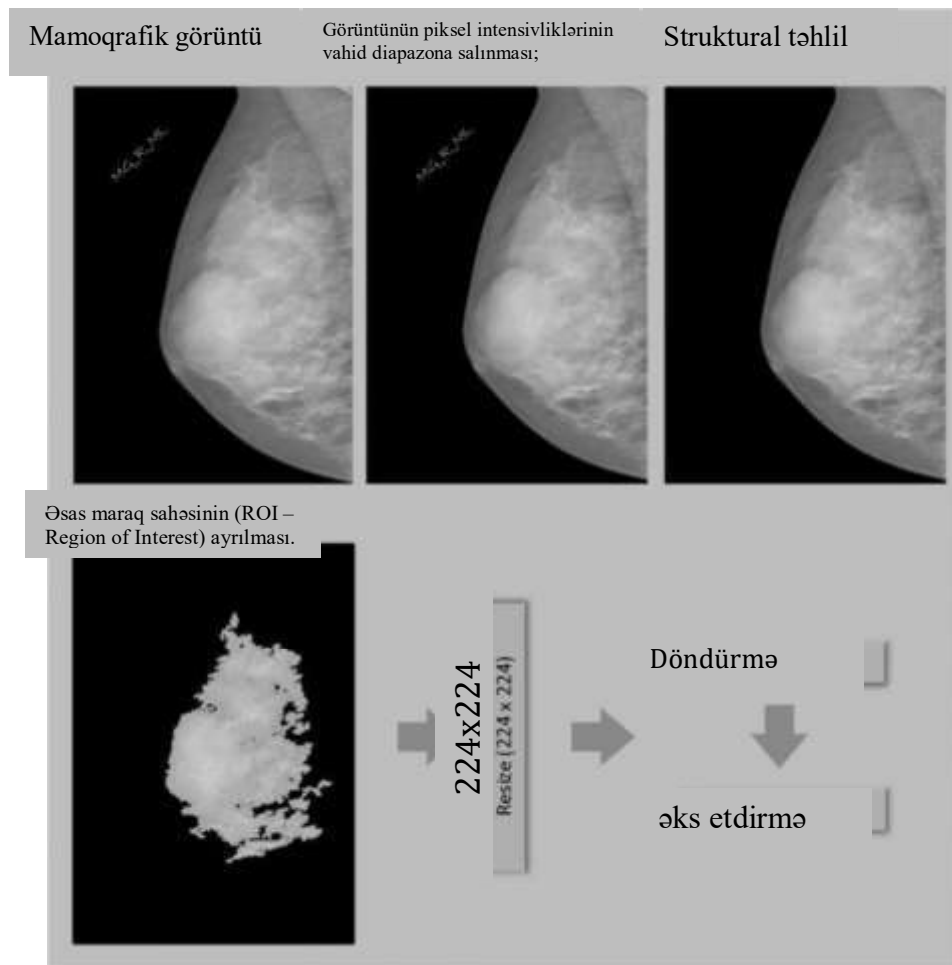
Giriş bölməsində tədqiqatın aktuallığı, tətbiq sahəsinin tibbi və texnoloji əhəmiyyəti, eləcə də neyron şəbəkələrin tətbiq potensialı təqdim olunur. Məqsəd, tibb sahəsində süni intellektin tətbiqinə dair praktiki və nəzəri əsaslara söykənən dərin təhlillər aparmaqla, gələcəkdə daha effektiv və kliniki sınaqlara uyğunlaşdırılmış modellərin yaradılmasına töhfə verməkdir.

Təhlil

Mamografiya görüntülərinin analizi döş xərçənginin erkən aşkarlanmasında ən vacib vasitələrdən biridir. Lakin ənənəvi diaqnostika üsulları, əsasən, həkimlərin vizual təhlilinə əsaslandığından, subyektivlik və insan faktoru səhvləri ilə müşayiət oluna bilər. Bu baxımdan, süni intellektin tətbiqi – xüsusilə konvolyusion neyron şəbəkələrin istifadəsi – diaqnostik prosesin avtomatlaşdırılması və obyektivləşdirilməsi baxımından mühüm imkanlar yaradır. Neyron şəbəkələrin mamografiya görüntülərin təsnifatı üçün istifadə edilməsi həm diaqnostikanın dəqiqliyini artırır, həm də radioloqların iş yükünü azaldır. Konvolyusion neyron şəbəkələri çoxqatlı struktura malik olmaqla görüntülər üzərində müxtəlif səviyyələrdə xüsusiyyətlərin avtomatik çıxarılmasına imkan verir. Bu modellər, müxtəlif növ mamografiya görüntüləri öyrənərək, benign və malign kütlələri ayırd edə biləcək qabiliyyətə malikdir. Tədqiqat zamanı VGG16, ResNet50, DenseNet121 və EfficientNet kimi məşhur CNN arxitekturaları təlim verilmiş və test edilmişdir. Bu modellərin performansları dəqiqlik, həssaslıq, spesifiklik, F1 skoru və ROC-AUC göstəriciləri ilə qiymətləndirilmişdir. Əldə olunan nəticələr sübut etmişdir ki, ResNet50 və EfficientNetB0 modelləri digər arxitekturalara nisbətən daha yüksək performans nümayiş etdirərək praktik tətbiq üçün daha əlverişli hesab oluna bilər (Məmmədova, M., & Cəbrayilova, Z. 2019, s 25).

Təkcə statistik göstəricilər deyil, eyni zamanda Grad-CAM kimi interpretasiya alətləri vasitəsilə modelin qərarvermə prosesində hansı görüntü bölgələrinə diqqət yetirdiyi də təhlil edilmişdir. Bu metodlar neyron şəbəkələrin daha şəffaf olmasını və həkimlərin sistemə etibarını artırmağı təmin edir. Modellərin müxtəlif yaş, etnik və tibbi tarixi olan pasiyentlər üzərində sınaqdan keçirilməsi, onların genişmiqyaslı tətbiqinə imkan yaradır. Neyron şəbəkələr yalnız təsnifat aləti kimi deyil, eyni zamanda tibbi qərarların dəstəklənməsi üçün mühüm vasitə rolunu oynaya bilər. Modellərin klinik praktikaya uğurla inteqrasiyası, döş xərçənginin erkən mərhələdə aşkarlanmasını daha dəqiq və sürətli şəkildə həyata keçirməyə imkan yaradır. Bu işə, həm diaqnostik səmərəliliyi artırır, həm də pasiyentlərin həyat keyfiyyətinə müsbət təsir göstərir (Süni neyron şəbəkələr, 2023, s 2).

Şəkil 1. Mamoqrafik Görüntülərin Neyron Şəbəkəyə Hazırlanması Prosesinin Əsas Mərhələləri



Mənbə: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-41633-0>

Şəkil 1-də mamoqrafik görüntülərin neyron şəbəkə modelləri üçün hazırlanması prosesinin əsas mərhələləri ardıcıl şəkildə təsvir olunmuşdur. Sol üst küncdə təqdim edilən "Original image" hissəsində xam mamoqrafik görüntü yer alır. Bu görüntü birbaşa neyron şəbəkəyə daxil edilə bilmədiyi üçün əvvəlcə müxtəlif ön emal prosedurlarından keçir. İlk mərhələ "Normalization" adlanır və burada görüntünün intensivlik səviyyələri müəyyən aralığa salınaraq, işıqlandırma və kontrast fərqləri balanslaşdırılır. Növbəti mərhələ olan "Morphological analysis" zamanı görüntü üzərində struktur təhlili aparılır, səs-küylər azaldılır və lazımsız detallar silinir.

Alt sırada yerləşən "Segmentation" hissəsində isə döş toxumasında maraq doğuran sahə (Region of Interest – ROI) ayrılır. Bu proses modelin yalnız diaqnostik əhəmiyyət

daşıyan bölgələrə fokuslanmasına imkan yaradır. Sonrakı addımda seqmentləşdirilmiş görüntü neyron şəbəkə modelinə uyğun ölçüyə gətirilir – bu halda 224x224 piksel ölçüsündə “Resize” əməliyyatı tətbiq edilir.

Sonda isə “Data Augmentation” mərhələsi həyata keçirilir. Burada görüntü rotasiya edilir (rotation) və əks etdirilir (flipping), bu da modelin müxtəlif bucaqlardan gələn məlumatlara qarşı dayanıqlı olmasını və ümumiləşdirmə qabiliyyətinin artmasını təmin edir.

Bu ardıcılıq mamografik görüntülərin süni intellekt modellərinə effektiv şəkildə ötürülməsi üçün vacib texniki hazırlıq mərhələlərini əks etdirir.

Mamografik görüntülərin neyron şəbəkələrlə təsnifatı sahəsində aparılan araşdırmalar göstərir ki, süni intellekt texnologiyaları tibbi diaqnostikada yeni mərhələyə keçidi təmin edir. Bu texnologiyalar döş xərçəngi kimi ağır və geniş yayılmış bir xəstəliyin erkən mərhələdə aşkarlanmasına mühüm töhfə verə bilər. Dərin öyrənmə əsaslı modellər, xüsusilə də konvolusion neyron şəbəkələri, görüntülərdən kompleks və incə diaqnostik xüsusiyyətləri çıxara bilir və beləliklə, radioloqlar üçün qiymətli dəstək vasitəsinə çevrilir. Bu modellər vasitəsilə benign və malign toxuma növlərinin fərqləndirilməsi, insan səhvlərinin azaldılması və vaxt qənaəti kimi üstünlüklər əldə edilir (Azərbaycan Standartlaşdırma İnstitutu, 2024, s 45).

Aparılan təcrübələr və testlər sübut edir ki, ResNet50 və EfficientNetB0 kimi modellər yüksək dəqiqlik və sabit performans nümayiş etdirir. Bu modellərin kliniki praktikaya integrasiyası üçün onlar təkcə texniki baxımdan deyil, həm də etik, hüquqi və praktik mühit baxımından sınaqdan keçirilməlidir. Qeyd olunmalıdır ki, bu modellər yalnız həkim qərarlarını dəstəkləmək məqsədilə istifadə edilməli, diaqnostik prosesin son qərarverici instansiyası insan mütəxəssislər olaraq qalmalıdır. Tədqiqat zamanı öyrənilmiş ən mühüm məqamlardan biri də təlim üçün istifadə olunan verilənlərin keyfiyyət və balans məsələsidir. Qərəzsiz və müxtəlif sinifləri əhatə edən verilənlər bazası olmadan modelin ümumiləşdirmə qabiliyyəti zəif ola bilər. Bu məqsədlə məlumat balanslaşdırma texnikaları və məlumat augmentasiyası metodları istifadə olunmalı, həmçinin müxtəlif mənbələrdən toplanmış və fərqli demoqrafik xüsusiyyətlərə malik xəstələrə aid mamografik görüntülər təlim üçün cəlb olunmalıdır.

Gələcəkdə bu texnologiyanın geniş tətbiqi üçün federativ öyrənmə, mobil cihazlara uyğunlaşdırılmış modellər və multimodal analiz sistemlərinin integrasiyası əhəmiyyətli rol oynayacaqdır. Beləliklə, mamografik görüntülərin süni intellektlə analizi yalnız elmi və texniki yenilik deyil, həm də daha sağlam cəmiyyət qurmaq istiqamətində mühüm bir addımdır (MedFind Global, 2023, s 4).

Nəticə

Əldə edilən nəticələr göstərir ki, mamografik görüntülərin neyron şəbəkə modelləri ilə təsnifatı süni intellektin tibbi diaqnostikada effektiv şəkildə tətbiq oluna biləcəyini təsdiqləyir. Görüntülərin normalizasiya, morfoloji analiz, seqmentasiya və ölçü uyğunlaşdırılması kimi ön emal mərhələləri, modelin öyrənmə qabiliyyətini və nəticələrin etibarlılığını əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Eyni zamanda, data augmentasiyası üsulları – döndürmə və əks etdirmə – modelin müxtəlif variasiyalara qarşı müqavimətini gücləndirərək ümumiləşdirmə qabiliyyətini yüksəldir.

Neyron şəbəkələrin, xüsusilə konvolyusion arxitekturaların mamografiya görüntülərdə benign və malign toxumaları ayırd etmə qabiliyyəti yüksək səviyyədədir. Bu texnologiyanın tətbiqi, diaqnostik prosesdə radioloqlara dəstək olaraq insan səhvlərinin azalmasına, diaqnozun dəqiqliyinin artmasına və xəstəliklərin erkən mərhələdə aşkarlanmasına mühüm töhfə verir. Əldə olunan nəticələr bir daha sübut edir ki, süni intellekt texnologiyalarının tibb sahəsinə integrasiyası təkcə texnoloji inkişaf deyil, həm də ictimai sağlamlıq baxımından strateji əhəmiyyətə malikdir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. AZS ISO/IEC 24029-2:2024 – Süni intellekt sistemlərinin dayanıqlığının qiymətləndirilməsi. Hissə 2: Formal metodların istifadəsi metodologiyası. Azərbaycan Standartlaşdırma İnstitutu, 2024. Səhifə sayı: 53 səh.
2. Məmmədova, M., & Cəbrayilova, Z. (2019). Elektron tibb: formalaşması və elminəzəri problemləri. İnformasiya Texnologiyaları Nəşriyyatı, Bakı. Səhifə sayı: 350 səh.
3. Xaligova, T. (2015). Qeyri-səlis məntiqdən istifadə etməklə müəssisənin maliyyə vəziyyətinin qiymətləndirilməsi. Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti.
4. EduPress.az. (2023). Neyron şəbəkələri və süni intellekt.
5. SafeMed Clinics. (2023). Döş xərçəngi: Simptomları, səbəbləri və müalicəsi.
6. Vikipediya. (2023). Süni neyron şəbəkələri.
7. MedFind Global. (2023). Süd vəzi xərçəngi.
8. Azərbaycan Tibb Universiteti. (2018). Kişilər də döş xərçənginə tutulurlar.
9. Modern.az. (2021). Döş xərçənginin 6 əsas əlaməti.
10. Azərbaycan Tibb Universiteti. (2022). Sinir sistemi.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF A NEURAL NETWORK-BASED MAMMOGRAM IMAGE CLASSIFICATION MODEL

SUMMARY

The application of artificial intelligence and machine learning technologies in the healthcare sector has gained particular relevance in recent years. In particular, the application of neural network-based models for the automatic processing and correct classification of mammographic images used in the early diagnosis of breast cancer has created new opportunities in medical diagnostics. In this study, the classification of mammographic images into benign and malignant forms using deep learning-based convolutional neural networks (CNN) was investigated, and the effectiveness of these models was evaluated based on various indicators - accuracy, sensitivity, specificity, F1 score, and ROC-AUC curves. The aim of the study is to test the applicability of existing neural network models (e.g., ResNet, VGG, EfficientNet) to real medical images and to present practical results on their application in diagnostic decision support systems. As a result of the study, it was found that properly optimized and sufficiently trained neural networks can provide classification results at the level of experienced radiologists. This confirms the wide use of artificial intelligence as an auxiliary tool in the field of radiology.

Both statistical indicators and visual interpretation tools (saliency maps, Grad-CAM) were used during the evaluation of the presented model, and the regions to which the model focuses were also analyzed. In summary, this study demonstrates a reliable and effective

approach that can be applied in the field of artificial intelligence analysis of mammographic images and lays an important foundation for future clinical integration.

Keywords: Mammographic, Artificial, Breast, Receiver Operating Characteristic – Area Under the Curve (ROC-AUC), Sensitivity

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ КЛАССИФИКАЦИИ МАММОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

РЕЗЮМЕ

Применение технологий искусственного интеллекта и машинного обучения в сфере здравоохранения приобрело особую актуальность в последние годы. В частности, применение моделей на основе нейронных сетей для автоматической обработки и корректной классификации маммографических изображений, используемых при ранней диагностике рака молочной железы, открыло новые возможности в медицинской диагностике. В данном исследовании была изучена классификация маммографических изображений на доброкачественные и злокачественные формы с использованием сверточных нейронных сетей (CNN) на основе глубокого обучения, а также эффективность этих моделей оценивалась на основе различных показателей — точности, чувствительности, специфичности, оценки F1 и кривых ROC-AUC. Целью исследования является проверка применимости существующих моделей нейронных сетей (например, ResNet, VGG, EfficientNet) на реальных медицинских изображениях и представление практических результатов по их применению в системах поддержки принятия диагностических решений. Исследование показало, что правильно оптимизированные и достаточно обученные нейронные сети могут обеспечивать результаты классификации на уровне опытных рентгенологов. Это подтверждает широкий потенциал искусственного интеллекта как вспомогательного инструмента в области радиологии.

При оценке представленной модели использовались как статистические показатели, так и инструменты визуальной интерпретации (карты заметности, Grad-CAM), а также анализировались регионы, на которые ориентирована модель. Подводя итог, можно сказать, что данное исследование демонстрирует надежный и эффективный подход, который может быть применен в области анализа маммографических изображений с помощью искусственного интеллекта, и закладывает важную основу для будущей клинической интеграции.

Ключевые слова: Маммографический, Искусственный, Молочная железа, Кривая рабочих характеристик приемника – площадь под кривой (ROC-AUC), Чувствительность

THE EVOLUTION OF MACHINE LEARNING: FROM TRADITIONAL ALGORITHMS TO MODERN NEURAL NETWORK

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17205904>

Rauf Rəhimli

rehimlirauf@ndu.edu.az

ORCID ID: 0009-0007-2207-451X

Nakhcivan State University

Summary

This article explores the historical evolution of machine learning (ML), from the development of early traditional algorithms to the emergence of modern deep learning architectures. The study reviews foundational milestones, highlights breakthroughs such as the introduction of deep neural networks and transformer models, and discusses contemporary applications across sectors including healthcare, finance, transportation, and ecology. The paper also addresses ongoing challenges related to model interpretability, data bias, and environmental sustainability. Finally, it outlines future trends like AutoML, ethical AI development, and energy-efficient learning. Machine learning is portrayed as a pivotal force shaping the 21st century, with profound societal and technological implications.

Key Words

Machine Learning, Neural Networks, Deep Learning, AutoML, Artificial Intelligence, Data Science, Model Interpretability, Ethical AI, Transformer Models, Reinforcement Learning, Technological Evolution

Introduction

The contemporary era is characterized by an unprecedented expansion of data volumes

and an increasing sophistication of data processing methods. In this context, machine learning (ML) has emerged as a pivotal tool for analyzing extensive datasets, identifying patterns, and enabling data-driven decision-making based on empirical evidence.

The objective of the present study is to explore the historical evolution of machine learning, tracing its development from the inception of early algorithms to the emergence of advanced neural network architectures. This review aims to highlight key milestones, analyze critical breakthroughs, and consider potential future directions for machine learning technologies. Given the extensive application of ML across sectors such as healthcare, finance, transportation, and ecology, understanding its evolution is vital. For instance, in transportation, ML algorithms are utilized to predict traffic congestion and influence real-time traffic management, thereby enhancing logistics operations and reducing the carbon footprint of urban areas.

1. A Historical Perspective on Machine Learning

The roots of machine learning can be traced back to the mid-20th century. In 1957, Frank Rosenblatt introduced the perceptron, the first model of an artificial neuron. Despite this groundbreaking development, early enthusiasm waned due to computational limitations and the critical analysis of the perceptron's constraints by Marvin Minsky and Seymour Papert.

Nevertheless, advancements in computational power and mathematical frameworks during the latter half of the 20th century reignited interest in the discipline. Machine learning began to be applied to practical problems across a variety of domains, including credit risk assessment and bioinformatics, laying the foundation for future innovations.

2. The Era of Traditional Machine Learning Methods

Traditional machine learning methods provided the first major breakthroughs in predictive analytics. Linear regression models, for example, had a profound impact on economics by modeling supply and demand, thus enhancing business decision-making.

Decision trees gained prominence in the medical field, offering systematic methods for physicians to analyze patient symptoms and form initial diagnoses.

Support Vector Machines (SVMs) became popular tools for tasks such as spam detection in early email systems. Despite their advantages—simplicity, interpretability, and low computational demands—traditional methods faced difficulties in modeling complex, high-dimensional data.

3. The Revolution of Neural Networks

The field of machine learning experienced a paradigm shift in 2012 when AlexNet won the ImageNet competition, demonstrating the practicality of deep learning approaches. Subsequent innovations, including convolutional neural networks (CNNs) and recurrent neural networks (RNNs), significantly enhanced performance in computer vision and natural language processing tasks.

For instance, neural networks revolutionized machine translation technologies. Systems like Google Translate transitioned from phrase-based translation methods to more coherent and semantically accurate translations, thereby improving communication across languages.

Moreover, reinforcement learning emerged as a critical framework for autonomous systems. A notable application is the development of self-driving vehicles capable of navigating dynamic traffic environments through reinforcement learning algorithms.

4. Contemporary Achievements and Challenges

One of the most transformative innovations of recent years has been the development of transformer architectures in 2017. By utilizing self-attention mechanisms, transformers enabled the parallel processing of long sequences, significantly improving training efficiency and model performance.

The introduction of large language models such as GPT-3 and GPT-4 further extended the capabilities of machine learning, enabling machines to generate coherent texts, write code, and solve mathematical problems without specialized fine-tuning.

Beyond language applications, machine learning is increasingly utilized in ecological fields. For instance, neural networks trained on satellite imagery now predict the spread of wildfires, allowing for earlier

interventions and reduced environmental damage.

However, several challenges remain, including:

- Enhancing model interpretability
- Reducing biases inherent in training datasets
- Lowering the environmental impact associated with training large-scale models

5. Applications of Machine Learning Across Industries

Machine learning currently permeates various sectors:

- Medicine: Disease detection (e.g., cancer, diabetic retinopathy), personalized treatment strategies, and epidemic forecasting.
- Finance: Algorithmic trading, credit scoring, and fraud detection.
- Transportation: Traffic prediction, autonomous vehicle navigation, and logistics optimization.
- Ecology: Environmental monitoring and disaster prediction.
- Law: Automated legal document analysis and litigation outcome prediction.
- Agriculture: Crop yield forecasting and optimization of planting strategies based on climatic data.
- Education: Development of intelligent tutoring systems and adaptive learning platforms.

These examples underscore the ubiquitous influence of machine learning on contemporary society.

6. Future Prospects for Machine Learning

Several emerging trends are shaping the future of machine learning:

- AutoML: Automating the processes of model selection and hyperparameter tuning, thereby democratizing machine learning usage.
- Ethical Machine Learning: Prioritizing the development of systems that ensure fairness, privacy, and security.
- Energy-Efficient Algorithms: Focusing on minimizing resource consumption during training and deployment phases.

Additionally, research continues on fortifying models against adversarial attacks and making decision-making processes more transparent and interpretable for end-users.

Conclusion

The development of machine learning technologies mirrors the broader trajectory of scientific advancement, evolving from elementary learning models to sophisticated intelligent systems. Traditional algorithms established the foundational principles upon which modern deep learning architectures have been built.

Empirical evidence drawn from fields such as healthcare, transportation, and environmental science illustrates the profound impact of machine learning on industrial processes and everyday human life. Future progress will depend not only on technical innovations but also on the integration of ethical, transparent, and sustainable practices into machine learning methodologies.

Thus, machine learning stands as one of the most transformative forces of the 21st century, with the potential to reshape industries, enhance quality of life, and address humanity's most pressing challenges.

SÜNİİNTELLEKT VƏ İNSAN ZƏKASININ SİNTEZİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17205912>

Püstə Əhmədova
Naxçıvan Dövlət Universiteti
pusteehmedova@yahoo.com
[https://orcid id: 0009-0005-7857-4359](https://orcid.id:0009-0005-7857-4359)

XÜLASƏ

XXI əsr texnoloji tərəqqinin ən mühüm mərhələlərindən biri kimi yadda qalacaq. Bu dövrdə insan zəkasının məhsulu olan süni intellekt artıq nəzəriyyədən çıxaraq, insan həyatının demək olar ki, bütün sahələrinə nüfuz etmişdir. Bu əlaqə nəinki informasiya texnologiyaları, sənaye və tibb sahələrini əhatə edir, eyni zamanda humanitar elmlər və yaradıcılıq sahələrində də yeni perspektivlər açır. Bəşər sivilizasiyası qarşısında dayanan əsas suallardan biri isə budur: insan zəkası və süni intellekt sintez edilərək bəşəriyyətin inkişafına necə xidmət edə bilər?

Tarix boyu insan zəkası bəşəriyyətin tərəqqisinin əsas qüvvəsi olmuşdur. İnsanın düşünmə qabiliyyəti, təxəyyülü və intuisiyası onu digər canlılardan fərqləndirən fundamental xüsusiyyətlərdir. Yaradıcılıq isə bu zəkadan qaynaqlanaraq, incəsənət, ədəbiyyat və elmi nailiyyətlərə gətirib çıxarmışdır. Bununla yanaşı, süni intellekt texnologiyalarının inkişafı ilə insanlar əqli fəaliyyətlərinin bəzi sahələrində də maşınları tərəfdaş kimi qəbul etməyə başlamışlar.

Məqalədə bu əlaqələrdən danışılır. İnsan və süni intellekt arasında sintez dedikdə, qarşılıqlı tamamlanmanı başa düşmək lazımdır. İnsan intuisiyası, emosional zəka və yaradıcı təfəkkür sahəsində üstünlüklərə malikdir. Süni intellekt isə məlumatları yüksək dəqiqliklə analiz etmək, böyük verilənlər bazasından nəticələr çıxarmaq və sürətli qərarvermə imkanları ilə seçilir. Bu baxımdan, onların əməkdaşlığı insan fəaliyyətinin keyfiyyətini artırmaq, yeni bilik sahələrinin yaranmasını sürətləndirmək üçün geniş imkanlar yaradır.

Açar sözlər: süni intellekt, əlaqə, insan zəkası, müasir əlaqələr, texnologiya

FUZZY LOGIC FOR ADAPTIVE PRESSURE MEASUREMENT AND CONTROL

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17205945>

Ogtay Novruzlu

oqtay.novruzlu0@gmail.com

ASOIU, Baku, Azerbaijan

Abstract

One of the most important measurements that must be taken when running several operations is pressure. Safety is the key reason why pressure measurements are often necessary. Industrial and laboratory machinery is designed to operate within a set pressure range while also incorporating a safety buffer. Many different dynamic pressure measurement devices exist today. Achieving precise measurements depends on a thorough knowledge of the instruments' working principles. This paper explores the application of fuzzy logic control (FLC) for pressure regulation in industrial systems. Traditional pressure control methods, such as PID controllers, often struggle with nonlinearities and dynamic uncertainties in the system. Fuzzy logic provides a robust alternative by employing linguistic rules and membership functions to manage system variations effectively. This study also presents a fuzzy control model implemented in MATLAB, outlining the design of membership functions, rule base formulation, and defuzzification techniques. A simulation demonstrates the controller's effectiveness in achieving smooth and stable pressure regulation. Real numerical implementations validate the approach, comparing fuzzy control to conventional methods. The results confirm that FLC enhances response time, reduces overshoot, and improves adaptability in varying operational conditions.

Keywords: pressure sensors, fuzzy logic controller, nonlinear systems, control systems

Introduction

Pressure, characterized as the force exerted on a specific surface, is one of the most important physical quantities. A brief glance at the concept's history indicates that the Italian physicist and mathematician Evangelista Torricelli originally put out the idea of pressure in 1643. He introduced the first mercury barometer, demonstrating that the Earth's atmosphere exerts pressure. By carrying out experiments at the Puy-de-Dôme peak in France four years later, Blaise Pascal developed this idea further and demonstrated that atmospheric pressure drops with altitude—a fact that is still frequently applied in meteorology today. In this manner, he additionally developed the first water barometer at the same time. In 1660, Robert Boyle formulated Boyle's Law, one of the fundamental laws of thermodynamics, which describes the inverse relationship between pressure and volume at constant temperature. Later, Daniel Bernoulli developed the theory of gas pressure and laid the foundation for the Charles–Gay-Lussac law, which explains the relationship between pressure and temperature. These

fundamental discoveries have served as the foundation for the design and application of pressure sensors. (Fraden, J., 2016)

The unit of pressure in the International System of Units (SI) is $1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$ (Pascal). It should be noted that the pascal is a fairly small unit of measurement. For this reason, in practice, a unit of measurement called "bar", which is related to atmospheric pressure, is also used to facilitate calculations. It enables us to express pressure at big quantities as follows: $1\text{ bar} = 100\text{ kPa} = 0.9869\text{ atm}$. Furthermore, psi (lbs/sq), a unit of pressure, is also utilized. As can be seen, instruments that measure different pressure units have different working principles and are based on different physical phenomena. (Gautschi, G., 2002).

Various instruments are used in industry to measure pressure. The choice of which tool to use for this purpose varies depending on the type of substance being measured and the conditions under which the measurement is performed. They are usually of mechanical and electrical type. The article focuses on sensors significantly because a pressure sensor was employed during the course of the study.

Pressure sensors are basically devices that transform a measurable physical characteristic into a normalized electrical output (4-20mA, 0-10V). (ASME PTC 19.2-2010) They are classified into many categories, including piezoresistive, strain gauge, capacitive, photoelectric, bending beam, inductive, piezoelectric pressure sensors, etc.

The most prevalent type are strain gauge sensors. (Giacomozzi, C., 2010). A strain gauge sensor (also known as a strain gauge transducer) works by converting the mechanical deformation (displacement) of a sensitive element (a diaphragm or spring element) into an electrical output.

Literature review

The following section provides an overview of the relevant scientific papers, highlighting relevant research that contributed to the development of the approach discussed in this article.

In (Mehrpooya, M., & Hejazi, S., 2015) were investigated the application of fuzzy logic controller (FLC) to control the pressure of a distillation column. In (Cao, D., Zhang, X., Xue, H., & Xu, C. 2020) have been learnt how to formulate a differential equation to represent the pressure fluctuations in a high-pressure fuel line system, as well as how to apply FLC to make the process more efficient and safe. One study modeled pipeline pressure using mass conservation and replaced the standard PID controller with an adaptive fuzzy-PID combined with a feed-forward controller in (Li, D. H., & Xu, Y. H. 2013). MATLAB simulations demonstrated that this new approach provided a faster response, lower overshoot, and better resistance to disturbances. A study (Kanagaraj, N., Sivashanmugam, P., & Paramasivam, S. 2009) introduced a supervisory hierarchical fuzzy controller (SHFC) for real-time pressure regulation, using an intelligent upper-level supervisor and a lower-level direct fuzzy controller for improved adaptability. Tested on an ARM7-based system, the SHFC outperformed traditional fuzzy and PI controllers in stability and robustness. A study proposed a Fuzzy PI controller with Triangular and Gaussian membership functions for real-time pressure control, optimizing input scaling factors using a Genetic Algorithm in (Rohilla, P., & Kumar, V. 2015).

Experimental results showed that the Fuzzy PI controller with a Gaussian membership function outperformed conventional PI controllers, achieving better set-point tracking with minimal overshoot and settling time.

Research methods

Fuzzy sets are the basis of fuzzy logic, which mimics the human thinking process. Fuzzy set theory was first introduced into scientific terminology by Lotfi A. Zadeh in 1965 (D'Aniello, G. 2023). Fuzzy logic controllers, in turn, provide for more precision control of measured quantities than traditional controllers, particularly in complex systems where expert knowledge is required.

Fuzzy logic controller consists of three main parts: fuzzification, inference mechanism and defuzzification. In this example (Figure 1), X and Y are crisp values, which means they are real numbers rather than fuzzy sets. During the fuzzification process, an inference mechanism converts the measured quantity (pressure in our example) into fuzzy sets. In the inference stage, the degree of activation of each rule in the rule base that was established by the expert using the procedure is determined, and a fuzzy set is created as a result. The defuzzification phase converts the received results into crisp values, which are then delivered to the physical system for control reasons. (Lilly, J. H. 2011) For this reason, the two most typical procedures are employed. These are the center of gravity (COG) and center average (CA) methods.

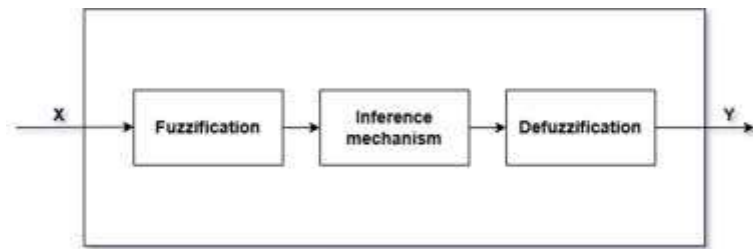


Figure 1. Main components of the fuzzy system

Fuzzy systems can be characterized using methods such as Mamdani, Takagi-Sugeno-Kang, and Tsukamoto. Although they appear to be similar, there are several changes in the defuzzification method, output quantity showing, and application accessibility. For instance, the Mamdani technique expresses the results gained prior to defuzzification as fuzzy sets, while Sugeno expresses them as mathematical functions and Tsukamoto expresses them as fuzzy sets with monotonic membership functions. This article uses the Mamdani method, which does not rely on a mathematical model but rather on expert knowledge and abilities.

Result and discussions

Consider a pressure system where the desired pressure (setpoint) is 10 psi. The system measures the actual pressure and computes the error as:

$$e(t) = P_{set} - P(t) \quad (1)$$

A secondary input is the derivative of the error, $\Delta e(t)$ (or rate of change of error), which helps capture dynamic variations:

$$\Delta e(t) = \frac{de(t)}{dt} = \frac{d}{dt} (P_{set} - P(t)) \quad (2)$$

Since P_{set} (setpoint pressure) is constant, this simplifies to:

$$\Delta e(t) = -\frac{dP(t)}{dt} \approx \frac{P(t) - P(t-\Delta t)}{\Delta t} \quad (3)$$

According to the measurement result, the system error and derivative of error are as follows:

$$\begin{aligned} e(t) &= 10 - 8 = 2 \text{ psi} \\ \Delta e(t) &= -\frac{8 - 7.5}{1} = -0.5 \text{ psi/s} \end{aligned}$$

For our case study, assume:

Error $e(t)$ lies in the range $[-5, 5]$ psi;

Derivative of error $\Delta e(t)$ lies in the range $[-2, 2]$ psi/s;

The control output $u(t)$ (e.g., valve opening adjustment) is defined in the range $[-100, 100]$ (arbitrary units).

Fuzzification

Membership Functions

Figure 2 depicts the membership functions for the controller variables.

We define triangular membership functions for each input variable. A typical triangular function is given by:

$$\mu(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \quad (4)$$

For the **Error** variable, we define five fuzzy sets:

NB (Negative Big): $[-5, -5, -2.5]$

NS (Negative Small): $[-5, -2.5, 0]$

ZE (Zero): $[-2.5, 0, 2.5]$

PS (Positive Small): $[0, 2.5, 5]$

PB (Positive Big): $[2.5, 5, 5]$

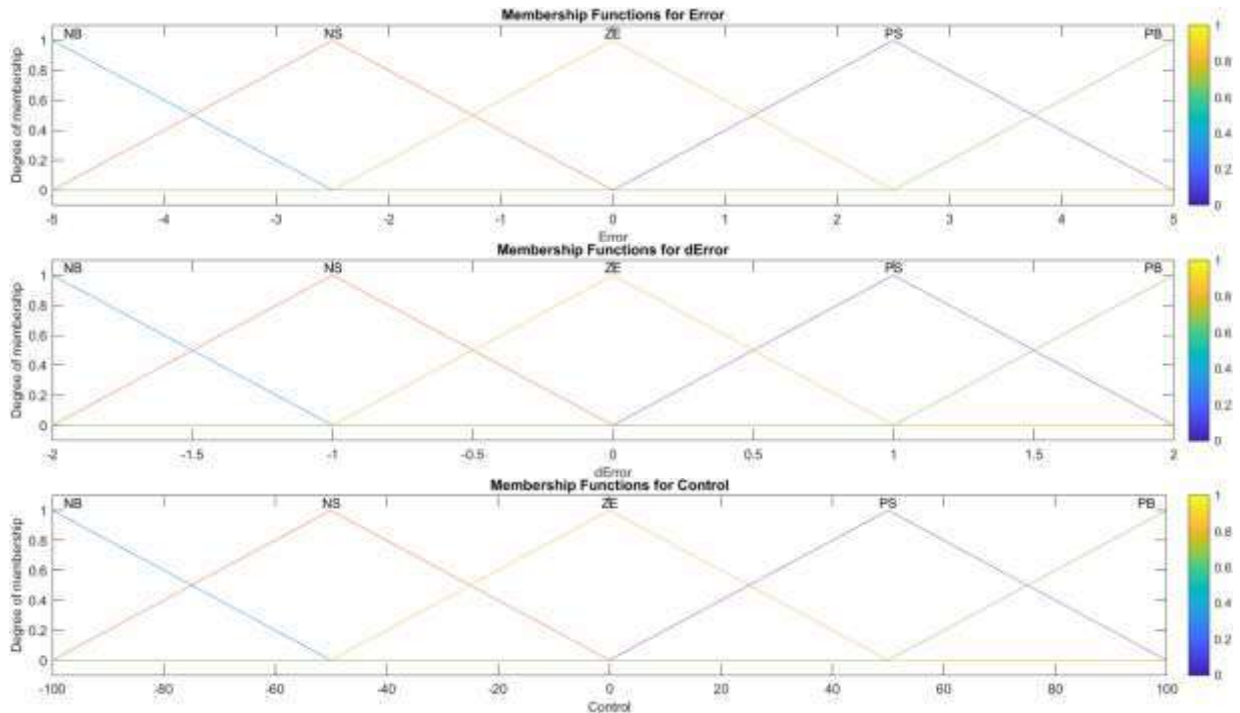


Figure 2. Triangular fuzzy sets

Suppose at a given time, the pressure error is $e=2$ psi and its derivative is $\Delta e=-0.5$ psi/s. The membership degree for the error in the ZE set is calculated as:

$$\mu_{ZE}(e = 2) = \frac{2.5 - 2}{2.5 - 0} = 0.2$$

$$\mu_{PS}(e = 2) = \frac{2 - 0}{2.5 - 0} = 0.8$$

Similarly, for the **Derivative of Error (Δe)**, we define:

NB: $[-2, -2, -1]$

NS: $[-2, -1, 0]$

ZE: $[-1, 0, 1]$

PS: $[0, 1, 2]$

PB: $[1, 2, 2]$

$$\mu_{NS}(\Delta e = -0.5) = \frac{0.5}{1} = 0.5$$

$$\mu_{ZE}(\Delta e = -0.5) = \frac{0.5}{1} = 0.5$$

Rule Base

The fuzzy rule base is established from expert knowledge. A few sample rules are:

1. **IF** e is ZE **AND** Δe is ZE **THEN** u is ZE;
2. **IF** e is ZE **AND** Δe is NS **THEN** u is NS;

3. **IF** e is PS **AND** Δe is ZE **THEN** u is PS;

4. **IF** e is PS **AND** Δe is NS **THEN** u is ZE.

The inference uses the minimum (min) operator for rule activation. For each rule, the firing strength

$$\alpha = \min(\mu_{error}(e), \mu_{\Delta e}(\Delta_e)) \quad (5)$$

Rule 1: $\min(0.2, 0.5) = 0.2$

Rule 2: $\min(0.2, 0.5) = 0.2$

Rule 3: $\min(0.8, 0.5) = 0.5$

Rule 4: $\min(0.8, 0.5) = 0.5$

Defuzzification

After aggregating the fuzzy outputs from all rules, the final crisp control signal u^* is determined using the centroid (center of gravity) method:

$$u^* = \frac{\int_{u_{min}}^{u_{max}} \mu(u)u \, du}{\int_{u_{min}}^{u_{max}} \mu(u) \, du} \quad (6)$$

Table 1. Output membership functions

Output Label	Center Value	Membership Degree
NS	-50	0.2
ZE	0	0.5
PS	+50	0.5

This formula computes a weighted average of the control actions, ensuring a smooth control response.

$$u(t) = \frac{(-50)(0.2) + (0)(0.5) + (50)(0.5)}{0.2 + 0.5 + 0.5} = \frac{-10 + 0 + 25}{1.2} = \frac{15}{1.2} = 12.5$$

The fuzzy controller outputs 12.5 units to the actuator to regulate the pressure toward the setpoint.

This calculation demonstrates the use of fuzzy logic to derive smooth control actions from sensor readings, which is especially useful in nonlinear or uncertain systems like pneumatic or hydraulic actuators controlled by strain gauge sensors.

Modelling

One of the most advantageous aspects of fuzzy control is that it can be modeled. MATLAB's Fuzzy Logic Toolbox allows for the modeling of fuzzy control systems. The

following MATLAB figure (Figure 3) depicts the fuzzy controller's output surface in three dimensions.

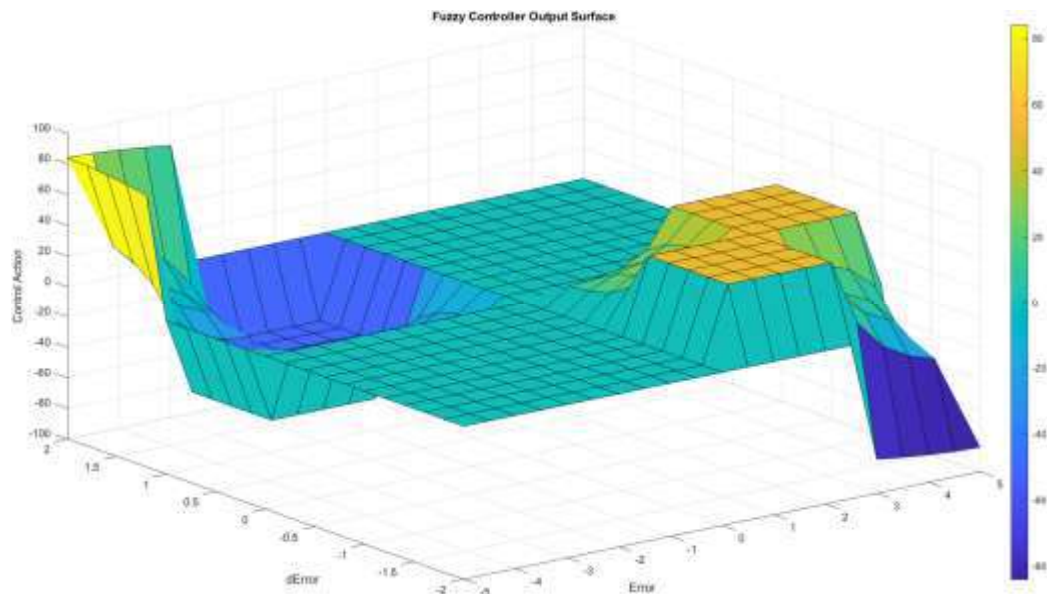


Figure 3. Fuzzy controller output surface

In the simulation, the fuzzy controller effectively maps the error and its derivative to a control action. The surface plot shows smooth transitions between control actions over the range of inputs, which demonstrates the fuzzy controller's ability to handle nonlinearities.

The triangular membership functions provided overlapping regions. For instance, an error of 2 psi partially belongs to the ZE and PS sets, and the inference engine computes the firing strength using the minimum operator.

The centroid method calculated a weighted average control signal that mitigates abrupt changes, ensuring stable system behavior.

A fuzzy inference system (FIS) was developed in MATLAB, utilizing triangular membership functions. The simulation was tested with an initial error of 2 psi and an error rate of -0.5 psi/s. The system produced a smooth control output, demonstrating stability and adaptability.

Overall, the integration of fuzzy logic into pressure control systems offers a robust alternative to traditional PID controllers, especially in nonlinear environments. This article presented a comprehensive approach—from system modeling and membership function design to rule formulation and MATLAB simulation. The simulation results confirm that fuzzy control can smoothly handle varying system conditions and uncertainties. Future work may explore adaptive rule tuning and the integration of machine learning techniques for real-time optimization.

References

1. ASME PTC 19.2-2010 Pressure Measurement Instruments and Apparatus Supplement Performance Test Codes
2. Cao, D., Zhang, X., Xue, H., & Xu, C. (2020). Fuzzy Logic Systems-Based Optimization and Control of Complicated High-Pressure Fuel Line with Double Fuel Injectors and One Pressure Reducing Valve. *Complexity*, 2020(1), 8821050.
3. D'Aniello, G. (2023). Fuzzy logic for situation awareness: a systematic review. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 14(4), 4419-4438.
4. Fraden, J. (2016). Pressure Sensors. In: *Handbook of Modern Sensors*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19303-8_11
5. Gautschi, G. (2002). Pressure Sensors. In: *Piezoelectric Sensorics*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04732-3_8
6. Giacomozzi, C. (2010). Appropriateness of plantar pressure measurement devices: a comparative technical assessment. *Gait & posture*, 32(1), 141-144.
7. Kanagaraj, N., Sivashanmugam, P., & Paramasivam, S. (2009). A fuzzy logic based supervisory hierarchical control scheme for real time pressure control. *International Journal of Automation and Computing*, 6, 88-96.
8. Li, D. H., & Xu, Y. H. (2013). Application of Adaptive Fuzzy-PID Algorithm in Control of Pipeline Pressure. *Applied Mechanics and Materials*, 336, 637-640.
9. Lilly, J. H. (2011). *Fuzzy control and identification*. John Wiley & Sons.
10. Mehrpooya, M., & Hejazi, S. (2015). Design and implementation of optimized fuzzy logic controller for a nonlinear dynamic industrial plant using HYSYS and MATLAB simulation packages. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 54(44), 11097-11105.
11. Rohilla, P., & Kumar, V. (2015). *Investigation of Intelligent Control System for Non-Linear Real Time Pressure Control System*.

Xülasə

Çoxsaylı əməliyyatlar yerinə yetirərkən edilməli olan ən vacib ölçmələrdən biri də təzyiqdır. Təzyiq ölçmələrinin tez-tez zəruri olmasının əsas səbəbi təhlükəsizlikdir. Sənaye və laboratoriya avadanlıqları müəyyən edilmiş təzyiq diapazonunda işləmək üçün nəzərdə tutulmuşdur və eyni zamanda təhlükəsizlik şkalası da daxildir. Bu gün bir çox müxtəlif dinamik təzyiq ölçmə cihazları mövcuddur. Dəqiq ölçmələrə nail olmaq alətlərin iş prinsipləri haqqında hərtərəfli biliyə bağlıdır. Bu məqalə sənaye sistemlərində təzyiqin tənzimlənməsi üçün qeyri-səlis məntiq kontrollerinin (FLC) tətbiqini tədqiq edir. PID kontrollerlər kimi ənənəvi təzyiqə nəzarət üsulları sistemdəki qeyri-xəttilik və dinamik qeyri-müəyyənliklərlə tez-tez mübarizə aparır. Qeyri-səlis məntiq sistem variasiyalarını effektiv şəkildə idarə etmək üçün linqvistik qaydalardan və üzvlük funksiyalarından istifadə etməklə möhkəm alternativ təqdim edir. Bu tədqiqat həmçinin MATLAB-da həyata keçirilən qeyri-səlis idarəetmə modelini təqdim edir, üzvlük funksiyalarının dizaynını, qaydalar bazasının formalaşdırılmasını və qeyri-səlisləşdirmə üsullarını təsvir edir. Simulyasiya tənzimləyicinin hamar və sabit təzyiq tənzimlənməsinə nail olmaqda effektivliyini nümayiş etdirir. Həqiqi ədədi tətbiqlər qeyri-səlis nəzarəti ənənəvi metodlarla müqayisə edərək yanaşmanı təsdiqləyir. Nəticələr təsdiqləyir ki,

FLC cavab müddətini artırır, həddi azaldır və müxtəlif əməliyyat şəraitlərində uyğunlaşma qabiliyyətini artırır.

Açar sözlər: təzyiq sensorları, qeyri-səlis məntiq kontroller, qeyri-xəttilik sistemləri, nəzarət sistemləri

Аннотация

Одним из самых важных измерений, которые необходимо выполнять при выполнении нескольких операций, является давление. Безопасность — основная причина, по которой измерения давления часто необходимы. Промышленное и лабораторное оборудование спроектировано для работы в заданном диапазоне давления, а также включает в себя буфер безопасности. Сегодня существует множество различных устройств для измерения динамического давления. Достижение точных измерений зависит от глубокого знания принципов работы приборов. В этой статье рассматривается применение нечеткого логического управления (FLC) для регулирования давления в промышленных системах. Традиционные методы регулирования давления, такие как ПИД-регуляторы, часто сталкиваются с нелинейностями и динамическими неопределенностями в системе. Нечеткая логика обеспечивает надежную альтернативу, используя лингвистические правила и функции принадлежности для эффективного управления изменениями системы. В этом исследовании также представлена модель нечеткого управления, реализованная в MATLAB, с описанием конструкции функций принадлежности, формулировки базы правил и методов дефаззификации. Моделирование демонстрирует эффективность контроллера в достижении плавного и стабильного регулирования давления. Реальные числовые реализации подтверждают этот подход, сравнивая нечеткое управление с традиционными методами. Результаты подтверждают, что FLC увеличивает время отклика, снижает перерегулирование и улучшает адаптивность в различных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: датчики давления, нечеткий логический контроллер, нелинейные системы, системы управления

LANDSAT 8 PEYK TƏSVİRLƏRİNDƏN İSTİFADƏ ETMƏKLƏ QUBADLI RAYONUNUN TORPAQ-BİTKİ ÖRTÜYÜNÜN MƏSAFƏDƏN MÜŞAHİDƏ METODLARI İLƏ ÖYRƏNİLMƏSİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17205966>

Nəsimi Valehov

nvalehov@mail.ru

ORCID ID: 0000-0003-0465-5699

Milli Aviasiya Akademiyası

Yerin məsafədən müşahidəsi (MM) və peyk məlumatlarından istifadə etməklə ətraf mühitin vəziyyətinin monitorinqi bir neçə onilliklər ərzində sensorların, peyk platformalarının texniki təkmilləşdirilməsi sayəsində mümkün olmuşdur. Peyk məlumatları müxtəlif illərdə toplandıqca daha informativ olur və bu məlumatlar meşə sahələrinin monitorinqi üçün zəruridir. Aparılmış tədqiqat landsat 8 peyk məlumatlarından istifadə edərək düzənliyin fiziki xüsusiyyətlərini müəyyən etmək məqsədi daşıyır. Bu tədqiqatda istifadə edilən metodlar: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDBI (Normalized Difference Built Up Index), NDWI (Normalized Difference Water Index). Landsat 8 peyk təsvirlərindən istifadə etməklə ərazinin xarakteristikasını, yəni torpaqdan istifadə/torpaq örtüyü müəyyən oluna bilər (Land Use and Land Cover). Nəticələr göstərir ki, NDVI, NDBI, NDWI indekslərindən istifadə etməklə Qubadlı rayonu ərazisində torpaqdan istifadə/torpaq örtüyü müəyyən olunmuşdur. Bu ərazidə hələ də yaşayış məntəqələri, sənaye binaları, gölməçələr və digər ərazilər çox azlıq təşkil edir. Tədqiqat ərazisi çoxlu bitki örtüyü (sıx bitki örtüyü) sahələrinə malikdir, belə ki, tədqiqat sahəsindəki rütubət aşağı bitkili ərazilərə, tikinti sahəsinə nisbətən daha yüksəkdir.

Açar sözlər: torpaq örtüyü, infraqırmızı sensor, UTM proyeksiya, NDVI, NDWI, NDBI.

1. GİRİŞ

Ətraf mühit prosesinin təhlili, ətraf mühitin monitorinqi, topoqrafiya, sıx bitki örtüyü və ya digər yerli faktorlar üzrə tədqiqatlar məsafədən müşahidə üsulları ilə həyata keçirilə bilər [4,5,6,10]. Məkan və zaman baxımından əhəmiyyətli torpaq degradasiyalarını izləmək üçün məsafədən müşahidə metodları və peyk görüntülərindən istifadə edilmişdir. Torpaqdan istifadənin və torpaq örtüyünün dəyişiklikləri məsafədən müşahidə metodları texnikasından istifadə etməklə tədqiq oluna bilər [1,2]. Son illərdə meşələrin peyk monitorinqi sahəsində tədqiqat sahələrinin genişləndirilməsinə ehtiyac yaranmışdır. Bu baxımdan meşələrin dinamikasının öyrənilməsi üçün müxtəlif üsulların işlənilib hazırlanması zəruridir. Hal-hazırda çoxlu sayda alqoritmlər var kosmos təsvirlərinin interpretativ işlənməsi, lakin onların əksəriyyəti yalnız müəyyən şəraitdə və konkret obyektlər üçün istifadə oluna bilər.

Landsat 8 Peyk 11 fevral 2013-cü ildə orbitə buraxılıb. Peykdə iki növ sensor quraşdırılıb: Optoelektronik Operativ Yer Görüntüsü (OLI) və Termal Termal İnfraqırmızı Sensor (TIRS). Birinci sensor spektrin görünən bölgəsinin 9 diapazonunda və yaxın infraqırmızı şüalanma zonasında (İQ), ikinci sensor - uzaq (termal) IR-nin 2 diapazonunda təsvirləri qəbul edir. Tədqiqat 15, 30 və 100 m məkan ayırdetmə qabiliyyətinə malik olan 11 spektral diapazonda aparılır [3,4].

Torpaqdan istifadənin və torpaq örtüyünün (LULC) təsnifatı NDVI, NDWI, NDBI indekslərindən istifadə etməklə aparılmışdır. Bitki örtüyünün keyfiyyətini və paylanmasını müəyyən etmək üçün NDVI, suların xüsusiyyətlərini bilmək üçün NDWI indeksinin parametrlərindən geniş istifadə olunmuşdur [5].

2. MATERIALLAR VƏ METODLAR

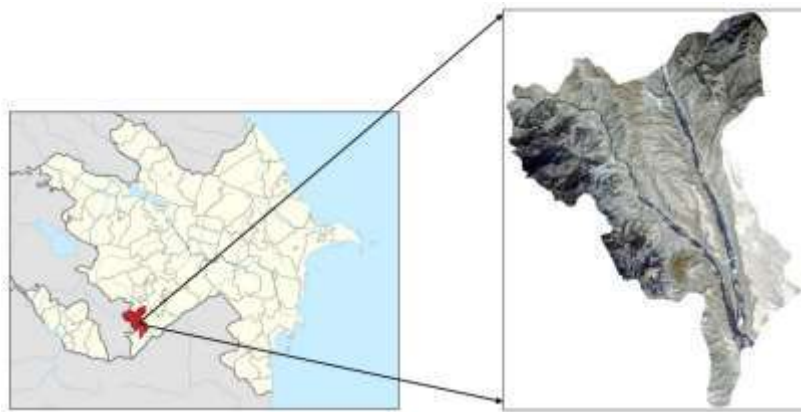
2.1. Tədqiqat olunan ərazi

Qubadlı rayonunun ərazisi Qarabağ silsiləsinin cənub-qərb hissəsində yerləşən düzənlik bir ərazidir. Ərazini yaşayış sahəsinə çevirmək üçün bu bölgənin fiziki xüsusiyyətlərini bilmək lazımdır. Qubadlı rayonu şimaldan Laçın, cənubdan Zəngilan, şərqdən Xocavənd və Cəbrayıl rayonları, qərbdən isə Ermənistanla həmsərhəddir.

Rayonda əsasən, qəhvəyi dağ-meşə torpaqları geniş yayılmışdır. Əsas bitki örtüyü kollu və seyrək meşəli çəmənlərdən ibarətdir. Dağ meşələri (fıstıq, palıd, vələs və s.) var və meşələrin sahəsi 13,2 min hektardır. Coğrafi cəhətdən 39°20'45" şm. e. 46°35'10" ş. u. olan koordinatlarında yerləşir (Şəkil 1). İqlimi əsasən mülayim isti və quru subtropikdir. Orta temperatur yanvarda düzən yerlərdə 1 dərəcədən dağlıq yerlərdə -4 dərəcəyə qədər, iyulda müvafiq olaraq 26 və 14 dərəcədir. Bu tədqiqat sahəsində illik orta yağıntının miqdarı illik yağıntı 400–600 mm-dir [6].

2.2. Məlumatların təsviri

Tədqiqat məlumatların əldə edilməsi, məlumatların işlənməsi və məlumatların təhlili müxtəlif illəri əhatə edir. Bu tədqiqatda istifadə edilən məsafədən tədqiq edilmiş məlumatlar 1987, 1990, 1997, 2004, 2020 və 2022-ci illərdə əldə edilmiş Landsat peyk təsvirləri (məkan ayırdetməsi 30 m olan və <https://earthexplorer.usgs.gov/> saytıdan götürülüb) əsasında aparılmışdır. Əldə edilmiş məlumatlar UTM koordinat sistemində WGS1984 (Zone 38 N) istinad edilmişdir [7].



Şəkil 1. Tədqiqat ərazinin yerləşmə mövqeyi (Landsat 8 OLİ).

2.3. Metodlar

Multispektral kompozit kanallardan istifadə etməklə torpaqdan istifadənin və torpaq örtüyünün (LULC) təsnifatlaşdırılması aparılmışdır. Bu işdə istifadə edilən kompozit kanal - RGB (Red-6; Green-5; Blue-4). Peyk təsvirlərinin spektral xüsusiyyətləri və tədqiqat ərazisinin torpaqdan istifadəsi ilə bağlı mövcud biliklər nəzərə alınmaqla, torpaqdan istifadənin və torpaq örtüyünün (LULC) təsnifatı üçün maksimum ehtimal təsnifatlaşdırılmasından (MLC) istifadə edilmişdir. Cədvəl 1-də Landsat 8 OLI/ TIRS spektral kanallarının xüsusiyyətləri göstərilmişdir. Landsat 8 təsviri ETM + təsvirindən daha qısa görünən qırmızı diapazon (R) və yaxın infraqırmızı (NIR) diapazon vardır. Bitki örtüyünün sıxlığı, onun dəyişməsi, torpaq sahəsi və sahənin vəziyyəti haqqında məlumatları peyk təsvirlərindən istifadə etməklə məsafədən müşahidə metodlarının tətbiqi ilə aşkar etmək olar. Landsat 8 peyk təsvirləri həmişə insan gözünün gördüyü rəng olmasa da, rəng elektromaqnit spektri boyunca fərqli tezlik diapazonuna malikdir. Hər bir diapazon bir kanal (Band) adlanır və Landsat 8-də 11 diapazon var. Bundan əlavə, NDVI indeksindən istifadə edərək bitki örtüyünün sıxlığını, qurulmuş ərazini bilmək üçün NDBI indeksindən, yüksək nəmlik və su basma sahəsi olan ərazini bilmək üçün NDWI indeksindən istifadə olunmuşdur [8].

Cədvəl 1.
Landsat 8-in multispektral kanalları

	Spektral kanallar	Spektral diapazonlar, mkm	Məkan ayırdetməsi, m
Sahil/aeozol	Kanal 1	0.433-0.453	30
Mavi	Kanal 2	0.450-0.515	30
Yaşıl	Kanal 3	0.525-0.600	30
Qırmızı	Kanal 4	0.630-0.680	30
Yaxın infraqırmızı (YİQ)	Kanal 5	0.845-0.885	30
SWIR-1	Kanal 6	1.560-1.660	30
SWIR-2	Kanal 7	2.100-2.300	30
Panxromatik	Kanal 8	0.500-0.680	30
Sirrus	Kanal 9	1.360-1.390	30
LWIR-1	Kanal 10	10.30-11.30	30
LWIR-2	Kanal 11	11.50-12.50	30

Daha sonra, 3 spektral indeksin hesablanması, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Built Up Index (NDBI) və Normalized Difference Su Index (NDWI) (1), (2) və (3) tənliklərinə uyğun olaraq hesablanmışdır. Aparılan əməliyyatlar ArcGIS 10.8 proqramı vasitəsilə həyata keçirilmişdir. Landsat 8 OLI-də NDVI, NDBI və NDWI indekslərinin hesablanması aşağıdakı düsturlara əsasən aparılmışdır:

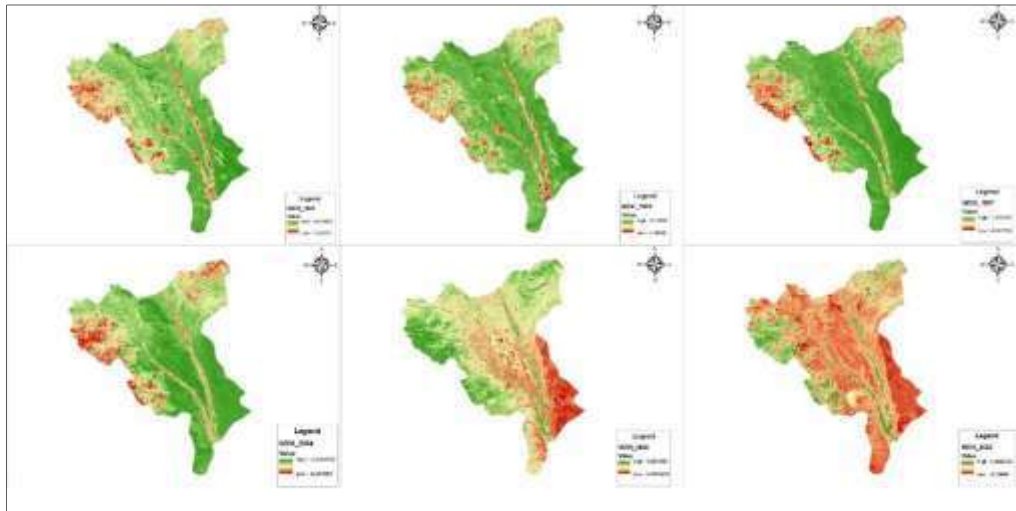
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} = \frac{B5 - B4}{B5 + B4} \quad (1)$$

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} = \frac{B6 - B5}{B6 + B5} \quad (2)$$

$$NDWI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR} = \frac{B3 - B6}{B3 + B6} \quad (3)$$

3. NDVI, NDWI, NDBI indeksləri ilə torpaqdan istifadə/torpaq örtüyünün (LULC) aerokosmik monitorinqi

Landsat 8 peyki RGB-6, 5, 4 rəngli kompozit əvvəlki ilə eyni 3 kanaldan ibarətdir, çünki bitki örtüyü yaxın infraqırmızı diapazonda digər iki kanaldan daha yüksək əks olunur, yaşıl rəng isə üstünlük təşkil edir. Beləliklə, bu birləşmə bitki örtüyünün daha təbii görünməsinə təmin edir. Kompozit təsvir 6, 5, 4 (Red-6; Green-5 və Blue-4) bu tədqiqatda seçilmişdir, çünki ərazi yüksək bitki örtüyünə malik ərazidir. Şəkil 3a-da, multispektral təsvir, şəkil 3b-də isə, nəzarətli təsnifatlaşdırılmış təsvir göstərilmişdir. Burada meşə sahələri, plantasiyalar, kənd təsərrüfatı, kolluqlar və çəltik tarlalarından ibarət bitki örtüyü üstünlük təşkil edir. Tədqiqat aparılan ərazidə hələ də yaşayış məntəqələri, sənaye binaları və digər ərazilər çox azdır [9].



Şəkil 2. Tədqiqat ərazisinin NDVI indeks xəritələri.

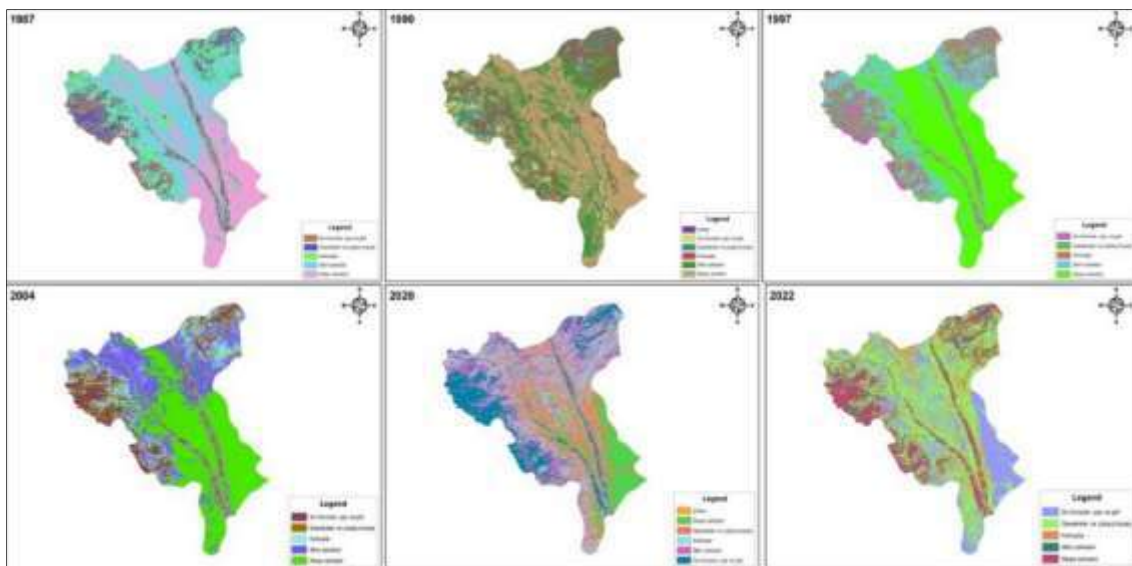
Torpaqdan istifadənin və torpaq örtüyünün (LULC) təsnifatında NDVI indeksindən istifadə edilə bilər, bu da bitki örtüyünün sıxlığı və yaşıllıq səviyyəsinin öyrənilməsində mühüm rol oynayır. NDVI qiymətləri peyk tərəfindən əks olunan görünən işıq ilə yaxın infraqırmızı şüaların hesablanması ilə əldə olunur. NDVI hesablamalarına əsasən, tədqiqat ərazilərinin əksəriyyəti yüksək, orta və aşağı sıxlığa malik bitki örtüyü olan ərazilərlə əhatə olunmuşdur. Hesablamalardan əldə edilən NDVI indeks qiymətləri -0,803386 mkm ilə 0,883814 mkm arasında dəyişir [10]. Cədvəl 2-də bitki sıxlığı səviyyələrinə əsaslanan NDVI-nin spektral qiymətləri göstərilmişdir.

Cədvəl 2.

Bitki sıxlığı səviyyəsinə əsaslanan NDVI-nin spektral qiymətləri

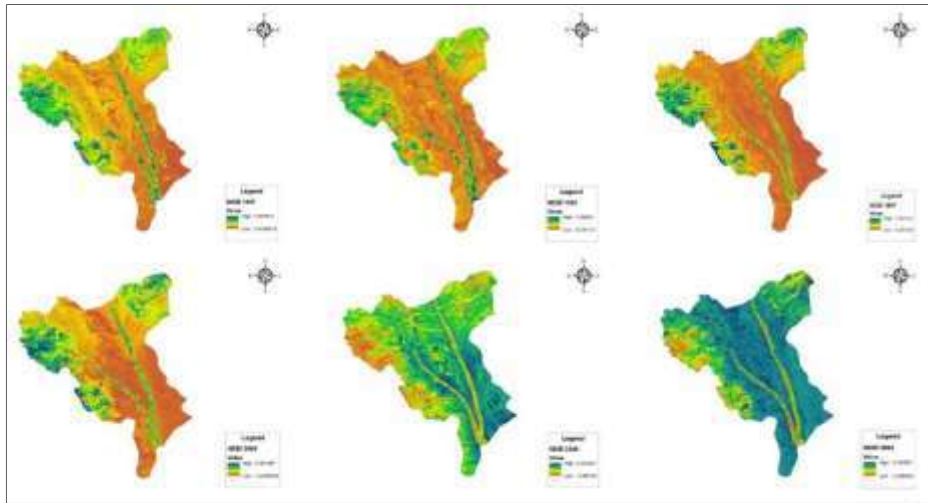
NDVI qiymətləri	Bitki sıxlığı	Torpaqdan istifadə və torpaq örtüyü
-0.803– 0.0842	Bitki örtüyü olmayan	Su hövzəsi, çay və göl
0.0842- 0.214	Bitki örtüyü olmayan	Qəsəbələr və çılpaq torpaq
0.214 – 0.453	Nadir bitki örtüyü	Kolluqlar
0.453 – 0.710	Orta bitki örtüyü	Əkin sahələri
0.710 – 0.883	Sıx bitki örtüyü	Meşə sahələri

Tədqiqat ərazisində bitki örtüyü üstünlük təşkil edən torpaqdan istifadə və torpaq örtüyü (LULC) geniş yayılmışdır. Orta bitkili ərazilər yaşılmıtl rənglərlə xarakterizə olunur, əkinçilik sahələri və qarışıq kollar üstünlük təşkil edir (Şəkil 4). Nadir bitki örtüyündə isə kolluqlar üstünlük təşkil edir və bitki olmayan ərazilər su hövzələri, yaşayış məntəqələri, açıq torpaq sahələri ilə örtülmüşdür [11].



Şəkil 3. NDVI indeksindən istifadə edərək torpaq-bitki örtüyünün təsnifatlaşdırılmış xəritələri.

NDBI indeksi, yaxın infraqırmızı (NIR) ərazilərlə müqayisədə qısa dalğalı infraqırmızı (SWIR) diapazonda adətən daha yüksək əks olunduğu üçün şəhər və ya tikilmiş ərazilərin seçilməsinə diqqət yetirilməlidir. Cədvəl 3-də torpaqdan istifadə və torpaq örtüyünün (LULC) öyrənilməsi üçün NDBI indeksinin spektral qiymətləri göstərilmişdir [12].



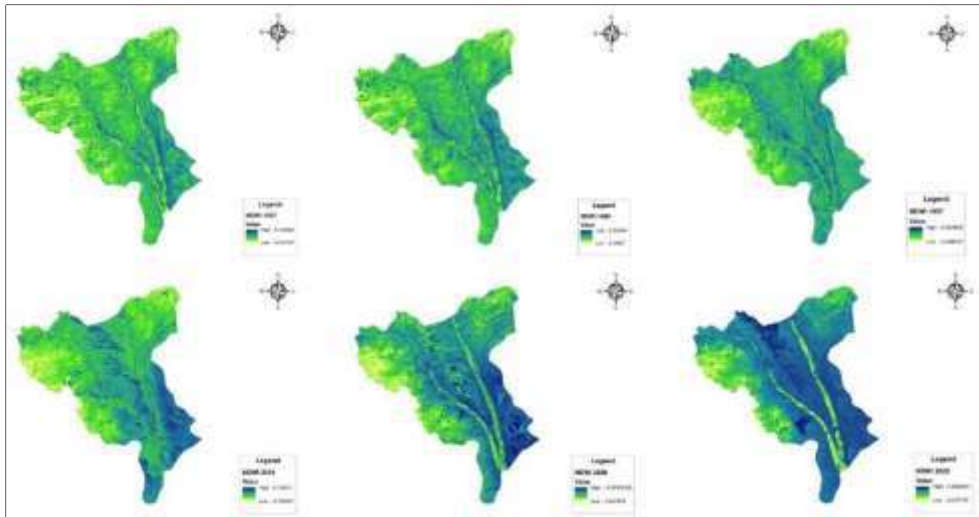
Şəkil 4. Tədqiqat ərazisinin NDBİ indeks xəritələri.

Cədvəl 3.

NDBI-nin spektral qiymətləri

NDBİ qiymətləri	Torpaqdan istifadə və torpaq örtüyü
-0.695 to -0.399	Çılpaq torpaq
-0.400 to -0.204	Meşə sahələri
-0.205 to 0.153	Əkin sahələri
0.154 to 0.589	Kolluqlar
0.590 to 1.00	Su hövzəsi və çay

Aparılan tədqiqat torpaqdan istifadənin və torpaq örtüyünün (LULC) monitoringi və planlaşdırılması üçün çox faydalıdır. Beləliklə, Qubadlı rayonu ərazisində hələ də tikilən az sayda sahə var və ərazidə hələ də bitki örtüyü üstünlük təşkil edir. Ümumiyyətlə, ərazinin müəyyən bir hissəsi əkinçilik və kənd təsərrüfatı üçün, kiçik bir hissəsi isə yaşayış sahələri, sənaye binaları üçün istifadə olunması daha məqsədə uyğun olar [13,14]. Yaşayış əraziləri çılpaq torpaq sahələrinə nisbətən daha yüksək istilik keçiriciliyi nümayiş etdirir, bu da çılpaq torpaq sahələrinə nisbətən yaşayış məntəqələrində istilik infraqırmızı dalğaların daha yüksək emissiya qabiliyyətinə olmasına səbəb olur.



Şəkil 5. Tədqiqat ərazisinin NDWI indeks xəritələri.

4. Nəticə

Müxtəlif spektral diapazonlarda əldə olunmuş çoxzamanlı kosmik təsvirlərin istifadəsi üzrə aparılan tədqiqatların nəticəsi onu deməyə əsas verir ki, meşə torpaqlarının, ağac növlərinin tanınmasının etibarlılığının artırılması, belə ki, nəzəri və eksperimental tədqiqatların davam etdirilməsini nəzərdə tutur. Meşə monitorinqi üçün bitki örtüyünün göstəricilərindən, yaradılmış göstərici təsvirlərindən istifadə imkanlarının əsaslandırılması müxtəlif ağac növlərinin keyfiyyət və məkan xüsusiyyətləri haqqında məlumat əldə etmək metodologiyasının optimallaşdırılmasını tələb edir. Aparılan tədqiqatda daşınmaz əmlakın, o cümlədən meşələrin monitorinqi üçün istifadə olunan müxtəlif kosmik peyklərin xüsusiyyətləri təfərrüatlı şəkildə təqdim olunmuşdur.

Məsafədən müşahidə (MM) məlumatları meşələrin vəziyyətini və dinamikasını təhlil etmək üçün məlumatları daha tez əldə etmək üçün əla imkanlar yaradır. Təbii və antropogen formasiyaların monitorinqi üçün məsafədən müşahidə (MM) məlumatlarının istifadəsi üzrə tədqiqatların təhlili göstərir ki, məlumatlardan səmərəli istifadə etmək üçün aşağıdakı şərtlərin optimallaşdırılması zəruridir:

- istifadə olunan kosmik təsvirlərin ən informativ spektral kanallarının seçilməsi;
- onların məkan və zaman həlli;
- xarici amillərin təsirinin minimuma endirilməsi;
- tanınmanın etibarlılığını artıran vasitələrin seçimi;

Monitorinq üçün məsafədən müşahidə (MM) məlumatlarından istifadə sahəsində tədqiqatların və nailiyyətlərin təhlili əsasında multispektral peyk təsvirlərindən istifadə etməklə meşələrin dinamikasının öyrənilməsinə yönəlmiş müasir metodlar seçilməlidir. NDVI indeks qiymətləri NDWI indeks qiymətlərinə mütənasib bir əlaqəyə malikdir, NDBI qiymətləri isə NDWI qiymətlərinə tərs mütənasibdir. Sıxlığı yüksək olan ərazilər (NDVI qiymətləri yüksəkdir) yüksək rütubətə malik olacaq (NDWI qiymətləri yüksəkdir), lakin aşağı bitki sıxlığı olan ərazilərdə NDWI qiymətləri daha aşağı olacaq.

ИЗУЧЕНИЕ НАЗЕМНО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ГУБАДЛИНСКОГО РАЙОНА ПО СПУТНИКОВЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ LANDSAT 8 МЕТОДАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Насими Валехов

Дистанционное зондирование Земли (ДЗ) и мониторинг окружающей среды с использованием спутниковых данных стали возможными уже несколько десятилетий благодаря техническому совершенствованию датчиков и спутниковых платформ. Спутниковые данные более информативны, поскольку они собираются в разные годы и необходимы для мониторинга лесных массивов. Проведенные исследования направлены на определение физических характеристик равнины по данным спутника Landsat 8. Методы, использованные в этом исследовании: NDVI (нормализованный индекс разницы

растительности), NDBI (нормализованный индекс разницы разницы), NDWI (нормализованная разница индекса воды). С помощью спутниковых изображений Landsat 8 можно определить характеристики территории, то есть землепользование/земной покров (Землепользование и Земельный покров). Результаты показывают, что с использованием индексов NDVI, NDBI и NDWI в Губадлинском районе было определено землепользование/земельный покров. Жилых массивов, промышленных зданий, прудов и других территорий в этой местности пока очень мало. На территории исследования имеется много участков растительности (густой растительности), поэтому влажность на территории исследований выше, чем на участках с низкой растительностью, строительной площадке.

Ключевые слова: растительный покров, инфракрасный датчик, UTM-проекция, NDVI, NDWI, NDBI.

STUDY OF LAND-VEGETATION COVER OF GUBADLI DISTRICT USING LANDSAT 8 SATELLITE IMAGES BY REMOTE SENSING METHODS

Nasimi Valehov

Earth remote sensing (RM) and environmental monitoring using satellite data have been possible for several decades thanks to the technical improvement of sensors and satellite platforms. Satellite data is more informative as it is collected in different years and this data is necessary for forest area monitoring. The conducted research aims to determine the physical characteristics of the plain using Landsat 8 satellite data. Methods used in this study: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDBI (Normalized Difference Built Up Index), NDWI (Normalized Difference Water Index). By using Landsat 8 satellite images, the characteristics of the area, i.e. land use/land cover, can be determined (Land Use and Land Cover). The results show that using NDVI, NDBI, and NDWI indices, land use/land cover was determined in Gubadli region. Residential areas, industrial buildings, ponds and other areas are still very few in this area. The study area has a lot of vegetation (dense vegetation) areas, so the humidity in the study area is higher than the low vegetation areas, the construction site.

Keywords: land cover, infrared sensor, UTM projection, NDVI, NDWI, NDBI.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Annemarie, S. Monitoring land cover change in urban and per-urban using dense time stacks of landsat satellite data and a data mining approach. Remote Sensing of Enviroment, 124, 2012, pp.689-704.
2. Chen, X. Using remote sensing and GIS to analyse land cover change and its impacts on regional sustainable development. International Journal of Remote Sensing, 23, 2002, pp. 107–124.
3. Dengsheng, L.and Qihao, W. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. International Journal of Remote Sensing, 28(5), 2007, pp. 823–870.
4. Мехтиев А.С., Азизов Б.М., Мехтиев Ю.С., Аэрокосмический мониторинг. Баку: Наука, 2005. 4.

5. H. Xu, Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote sensing*, 27(14), 2006.
6. <https://www.virtualkarabakh.az/az/post-item/27/107/qubadli.html>
7. Mehdiyev A.Ş., Əzizov B.M., Bədəlova A.N., Məsafədən Zondlamanın Fiziki Əsasları. Bakı: Elm, 2015, 303 s.
8. J.S. Rawat., Manish, K. Monitoring Land use/ Cover Change Using Remote Sensing and GOS Technique: a Case Study of Hawallbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *Egypt Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18, 2015, pp. 77-84.
9. Manjunatha, M.C., Basavarajappa, H.T. and Jeevan, L. Geomatics Analysis on Land Use Land Cover Classification System in Precambrian Terrain of Chitradurga District Karnatka, India. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 6(2), 2015, pp. 46-60.
10. Muhammad, R and Pedia, A. DampakPerubahanHidrologisdanPerkembangan Tata GunaLahanpadaPermukiman di LahanBasah di Kota Dumai. *JurnalArsitekturUniversitas Bandar Lampung*, 1(3), 2012, pp.36-39.
11. Patel, V.M., Dholakia, M. B. and Ray, S.S. Remote Sensing Techniques for Land Use/Land Cover Mapping in Mahi Right Bank Canal Command Area, Gujarat. *Journal of Civil Engineering and Technology*, 2(2), 2015, pp. 01-10.
12. Rayan, H.A. and Diana, M. Using Landsat-8 Data to Explore the Correlation between Urban Heat Island and Urban Land Uses. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 05 (03), 2016, pp. 457 – 466.
13. Ramita, M., Inakwu, O.A.O. and Tiho, A. Improving the Accuracy of Land Use and Land Cover Classification of Landsat Data Using Post-Classification Enhancement. *Remote Sensing*, 1, 2009, pp. 330-344.
14. Szilard, S., Zoltan, G., and Boglarka, B. Specific Features of NDVI, NDWI and MNDWI as Reflected in Land Cover Categories. *Landscape & Environment*, 10 (3-4), 2016, pp. 194-202.

SOSIAL MEDIA RESURLARINDAKI İNFORMASIYA ƏSASINDA DƏRMANLARIN EFFEKTİVLİYİ İLƏ BAĞLI İCTİMAİ RƏYİN TƏYİNİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17205976>

Nərgiz Şıxəliyeva

shikhaliyeva.nara@gmail.com

ARETN İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu

Xülasə

Məqalədə sosial medianın tibb seqmentində toplanan pasiyent rəylərinin sentiment analizi əsasında dərmanların effektivliyinin təyini məsələsinin həllinə baxılmışdır. Dərmanlar haqqında pasiyent rəylərinin analizini aparmaq üçün *Kaggle* platformasının *drugsComTest_raw.csv* tibbi məlumat bazasından istifadə edilmiş, leksikon əsaslı sentiment analiz, statistik metodlar və maşın təlimi alqoritmləri tətbiq edilmişdir. Tədqiqatda pasiyentlərin dərmanlarla bağlı sosial mediada paylaşdığı rəylər pasiyent-dərman, pasiyent-xəstəlik, xəstəlik-dərman əlaqələri üzrə araşdırılmışdır. Bu əlaqələrə görə pasiyent rəylərinin sentiment analizindən alınan nəticələr əsasında: 1) ən çox hansı xəstəliklə bağlı dərmanlara müraciət olunur?; 2) hər bir xəstəlik üzrə ən çox müraciət olunan dərmanlar hansılardır? kimi sualların cavablandırılması imkanı göstərilmişdir. Bu məsələlərin həllindən alınan nəticələr səhiyyə sistemində müvafiq istiqamətlər üzrə ictimai rəyi nəzərə almaqla daha obyektiv və şəffaf qərarların qəbulunda istifadə oluna bilər.

Açar sözlər: tibbi sosial media, sentiment analiz, hibrid yanaşma, maşın təlimi, dərman rəyi, tibbi qərar qəbul etmə.

1. Giriş

Tibbi xidmətlərin keyfiyyətinin artırılması və pasiyent məmnunluğunun təmin olunması müasir səhiyyə sistemində prioritet istiqamətlərdən biridir. Son illərdə rəqəmsal platformalarda toplanan məlumatlar ictimai məmnunluğun təyini üçün mühüm informasiya mənbəyinə çevrilmişdir. Tibbi sosial şəbəkələrdə, saytlarda, bloglarda və müxtəlif onlayn platformalarda pasiyentlərin həkimlər, tibb bacıları, klinikalar, dərmanlar və s. bağlı toplanmış rəyləri media subyektləri haqqında ictimai rəyi əks etdirir, onların analizi əsasında tibbi qərarların qəbulunu dəstəkləyir, ictimai tibbi formalaşdıran amillərdən biri kimi çıxış edir (Mammadova et al., 2023, pp. 75–85; Tang et al., 2023, pp. 2107–2114; Yadav et al., 2018, pp. 2790–2797). Bu yanaşma ilə tibbi xidmətlərin obyektiv qiymətləndirilməsi həyata keçirilir. Rəylərin analizi səhiyyə sistemində şəffaflığın artırılmasına və xidmət keyfiyyətinin yüksəldilməsinə imkan verir. Rəylərin təhlili, yalnız tibbi xidmətlərin keyfiyyətini qiymətləndirmək üçün deyil, həm də gələcəkdə potensial problemlərin və inkişaf sahələrinin müəyyənəndirilməsinə imkan yaradır. Beləliklə, pasiyent rəylərinin mütəmadi olaraq analizi səhiyyə sahəsində şəffaflığın artırılması və xidmətlərin daha da yaxşılaşdırılması məqsədilə mühüm alətə çevrilir (Issam et al., 2021, pp. 1–7; Mammadova et al., 2020).

İctimai rəyi nəzərə almaqla daha obyektiv və şəffaf qərarların qəbulu üçün tibbi sosial medianın həkim-pasiyent, tibb müəssisəsi-pasiyent seqmentində toplanmış informasiyaya istinad edilməklə (Mammadova et al., 2019 pp.1-349; Mammadova et al., 2020; Mammadova et al., 2022, pp. 7–10)-də həkimlərin, tibb müəssisəsinin fəaliyyətinin qiymətləndirilməsi mexanizmi təklif edilmişdir. Son dövrlərdə tibbi qərarların qəbulu, dərmanların effektivliyinin qiymətləndirilməsi və səhiyyənin bu seqmentində yaxşılaşdırılmasında pasiyent rəylərinin analizinə diqqət artmışdır (Cavalcanti et al., 2017, pp. 815–827; Gräßer, F. et al., 2018, pp. 121–125; Panda, B et al., 2022, pp. 1191–1199).

Pasiyentlər dərman istifadəsi ilə bağlı yaşadıkları təcrübələri müxtəlif platformalarda yazılı şəkildə paylaşır, bu rəylərdə müalicə üsullarının effektivliyi və yan təsirləri haqqında əhəmiyyətli məlumatlar yerləşdirirlər. Lakin, bu məlumatlar çoxsaylı və müxtəlif formatlarda olduğundan onların təhlili mürəkkəb və çətindir. Həmçinin, bu rəylərin içində strukturlaşdırılmamış məlumatlar və emosional ifadələr mövcud olduğundan, onların düzgün şəkildə emalı xüsusi yanaşmalar tələb edir. Bu məqsədlə təbii dilin emalı (natural language processing (NLP)) və maşın təlimi (Machine learning (ML)) texnologiyalarından istifadə edilir (Alexander, G. et al., 2022). NLP metodları mətni analiz edərək məna çıxarmağa və strukturlaşdırmağa imkan verir. Maşın təlimi alqoritmləri düzgün və avtomatlaşdırılmış nəticələr əldə etməyə kömək edir. Bu texnologiyalar vasitəsilə istifadəçilərin rəylərindəki emosiyaları və fikirləri təhlil etmək, rəylərin müsbət, mənfi və neytral olduğunu müəyyənləşdirmək mümkündür. Bu proses ictimai rəyin daha aydın və dəqiq şəkildə anlaşılmasına kömək edir. Bu baxımdan tibbi sosial medianın pasiyent-dərman seqmentində toplanan məlumatlar əsasında dərmanların effektivliyi ilə bağlı ictimai rəyin öyrənilməsi aktual məsələdir.

2. Model və metodlar

(Vijayaraghavan et al., 2020)-də müxtəlif dərmanlara aid rəylər analiz edilmişdir. Tədqiqatın məlumat bazası UCI maşın təlimi arxivindən əldə edilmişdir. Məlumat bazasındakı mətn formatında təqdim edilmiş rəylərə görə həm oxşar, həm də fərqli tibbi vəziyyətlərə aid olan dərmanlarla bağlı rəylər əsasında dərmanların reytinginin təyini məsələsinin həllinə baxılmışdır.

(Das et al., 2021, pp. 16–21)-də dərmanın adı və ona aid rəylərə əsasən xəstəliyin növünün proqnozlaşdırılması üçün təlim modeli işlənilmişdir. Qarşıya qoyulmuş problemin həlli üçün müxtəlif maşın təlimi əsaslı proqnozlaşdırma metodlarından istifadə edilmişdir. Bu metodların performansını dəqiqlik (precision), recall, F1-Score və accuracy kimi metriklər əsasında müqayisə edilmişdir.

(Shiju et al., 2021)-də toplanmış pasiyent rəyləri əsasında dərmanları təsnifləndirmək üçün müxtəlif təsnifat modelləri qurulmuşdur. Bu məqsədlə maşın təlimi və dərin təlim metodlarından istifadə edilmişdir.

Tədqiqatlar göstərir ki, dərmanlarla bağlı pasiyent rəylərinin analizində adətən təsnifat və müqayisə üçün nəzarətli maşın öyrənmə alqoritmlərindən, leksikon əsaslı sentiment analiz, dərin təlim metodlarından istifadə edilir və tibbi sosial medianın təkcə pasiyent-dərman

seqmentindəki informasiya əsasında məsələ həll edilir.

Hazırkı məqalədə sadalanan ənənəvi analizi üsulları əsasında dərmanların effektivliyinin qiymətləndirilməsi məsələsinin həllinə təkcə pasiyentlərin dərmanlarla bağlı rəyləri əsasında əsasında formalaşan pasiyent-dərman əlaqəsi üzrə deyil, həm də bu rəylərdən aşkarlanan pasiyent-xəstəlik və xəstəlik-dərman əlaqələri üzrə baxılmışdır.

3. Məsələnin qoyuluşu

Hazırkı tədqiqatın məqsədi pasiyentlərin dərmanlarla bağlı tibbi sosial mediada paylaşdığı rəylər (mətn tipli şərhləri) əsasında dərmanların effektivliyi ilə bağlı ictimai rəyin təyiniidir. Dərmanlarla bağlı rəylərin analizinin təkcə pasiyent-dərman seqmenti üzrə deyil, həm də pasiyent-xəstəlik, xəstəlik-dərman seqmentləri üzrə aparılması və nəticədə dərmanların effektivliyi ilə bağlı ümumi mənzərə ilə kifayətlənməyərək, ən çox hansı xəstəliklər üzrə dərmanlara müraciət olunduğunu, hansı xəstəlik üçün ən çox müraciət olunan dərman hansıdır kimi məsələlərin həlli nəzərdə tutulur.

4. Məsələnin həlli

Məsələnin həlli aşağıdakı mərhələlər üzrə yerinə yetirilmişdir:

1-ci mərhələ: Rəylərin analizi üçün *Kaggle* şirkətinin *drugsComTest_raw.csv* adlı açıq məlumat bazası seçilmişdir (Kaggle). Məlumat bazası aşağıdakı əsas sütunları özündə birləşdirir (şəkil 1):

- Dərmanın adı: Pasiyentlərin müxtəlif tibbi vəziyyətlərdə, yəni xəstəliklərdə istifadə etdiyi dərmanlardır. Hər bir vəziyyət üçün çoxlu sayda dərman istifadə oluna bilər.
- Vəziyyət: Dərmanın istifadə edildiyi tibbi vəziyyəti təsvir edir.
- Rəy: Pasiyentlərin dərmanla bağlı mətn tipli şərhlərini əhatə edir.
- İstifadə sayı: Dərmanın nə qədər istifadəçi tərəfindən istifadə olduğunu göstərir.

Bu mərhələdə xam mətn məlumatlarının analizi üçün verilənlərin ilkin emalı həyata keçirilmiş, məlumatlar istifadə üçün yararlı formaya salınmışdır. Bu mərhələdə aşağıdakı əməliyyatlar yerinə yetirilir (Kamran Kowsari et al., 2019, p. 150):

1. Mətnin kiçik hərflərə çevrilməsi: mətndə yer alan bütün böyük hərflər kiçik hərflərə çevrilir, beləliklə "Quick" və "quick" kimi fərqli yazılımaların eyni sözü ifadə etməsi təmin edilir;
2. Durğu işarələrinin silinməsi: mətnin içindəki nöqtələr, vergüllər və digər durğu işarələri təhlil zamanı maneə yaratmamaq məqsədilə mətndən çıxarılır.
3. Rəqəmlərin silinməsi: mətndəki rəqəmlər silinir, çünki təhlil söz əsaslı verilənlərə əsaslanır.
4. Stop sözlərinin silinməsi: bu mərhələdə çox istifadə olunan, lakin sentiment analizinə faydası olmayan "and", "the", "is" kimi sözlər mətndən çıxarılır. Bu, mətnin daha yığcam və təhlilə uyğun hala gəlməsinə kömək edir.

5. Lemmatizasiya: sözlər kök formasına salınır, məsələn, "running" və "runs" sözləri "run" şəklində normallaşdırılır. Bu, təhlil prosesində eyni kökə sahib müxtəlif formaların eyni anlayış kimi qəbul edilməsini təmin edir.

```
df = pd.read_csv('/content/drugsComTest_raw.csv', low_memory=False)
print(df.shape)
```

(53766, 7)

```
[ ] df.head()
```

	uniqueID	drugName	condition	review	rating	date	usefulCount
0	163740	Mirtazapine	Depression	"I've tried a few antidepressants over th...	10	28-Feb-12	22
1	206473	Mesalamine	Crohn's Disease, Maintenance	"My son has Crohn's disease and has done ...	8	17-May-09	17
2	159672	Bactrim	Urinary Tract Infection	"Quick reduction of symptoms"	9	29-Sep-17	3
3	38283	Contrave	Weight Loss	"Contrave combines drugs that were used for al...	9	5-Mar-17	35
4	97768	Cyclolem 1 / 35	Birth Control	"I have been on this birth control for one cyc...	9	22-Oct-15	4

Şəkil 1. Sentiment analiz üçün Kaggle şirkətinin drugsComTest_raw.csv adlı açıq məlumat bazasına giriş

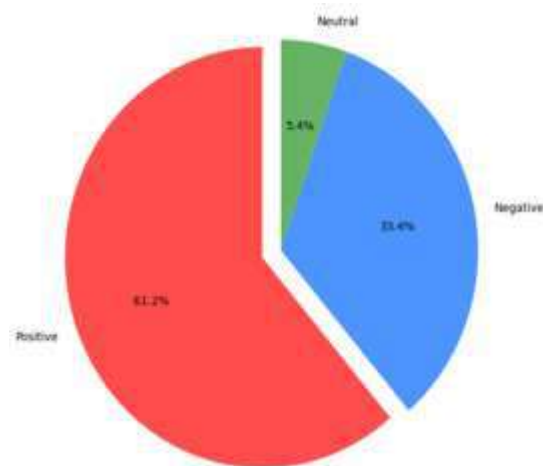
2-ci mərhələ. Bu mərhələdə leksikon əsaslı sentiment analiz yanaşması tətbiq edilib. Bu yanaşmada hər bir rəyin tonallığı (müsbət, mənfi və ya neytral) TextBlob kitabxasından istifadə edilməklə ilə müəyyən edilir. TextBlob-un sentiment analiz funksiyası, mətndəki emosional ifadələri təhlil edərək həmin rəyin polarity (müsbət və ya mənfi istiqamətdə) dəyərini hesablayır. Polarity dəyərinə əsasən, rəyin müsbət, mənfi və ya neytral olduğu müəyyən edilir. Sonra, məlumatlar train və test hissələrinə ayrılır və mətnlər TF-IDF ilə vektorlaşdırılır. Logistik Regressiya modeli təlim edilir və test verilənləri üzərində proqnozlaşdırma edilir. Modelin dəqiqliyi və qiymətləndirilməsi ilə nəticələr qiymətləndirilir (şəkil 2). Bu mərhələ, mətn tipli rəylərin sentiment analizi modelinin yaradılmasını və onların qiymətləndirilməsini təmin edir.

Model Accuracy: 87.97%

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
0	0.89	0.82	0.86	3586
1	0.88	0.95	0.91	6613
2	0.83	0.40	0.54	555
accuracy			0.88	10754
macro avg	0.87	0.72	0.77	10754
weighted avg	0.88	0.88	0.87	10754

Şəkil 2. Logistik Regressiya modelinin dəqiqlik nəticəsi

Aparılan analiz nəticəsində ümumilikdə 53766 rəydən 32920 pozitiv, 17956 neqativ və 2890 neytral olduğu müəyyən olunmuşdur. Nəticələrin faizlə ifadəsinin vizual görüntüsü şəkil 3-də verilmişdir.

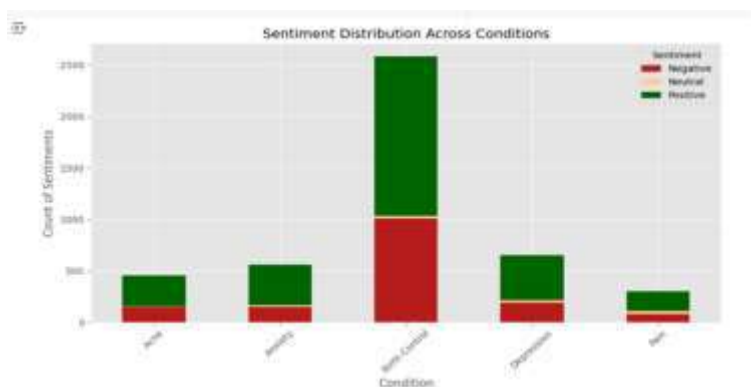


Şəkil 3. Kaggle şirkətinin drugsComTest_raw.csv adlı açıq məlumat bazasındakı rəylərin sentiment analizindən alınan nəticələrin vizual görüntüsü

3-cü mərhələ. Bu mərhələdə dərman istifadə edən pasiyentlərin rəylərinin hansı tibbi vəziyyətlə (xəstəliklə) bağlı olduğu araşdırılmış, tədqiqat pasiyent-xəstəlik seqmentində davam etdirilmişdir. Bu mərhələdə ən çox rəy toplayan 5 tibbi vəziyyət seçilmiş (Sızanaq, Narahatlıq, Doğuma Nəzarət, Depressiya və Ağrı), onlar üzrə rəylərin SA yerinə yetirilmişdir. Nəticələrin mənfi, neytral və müsbət kateqoriyalara paylanması cədvəl 1-də və bu nəticələrin vizual görüntüsü şəkil 4-də verilmişdir.

Cədvəl I. Beş tibbi vəziyyət üzrə sentiment analizi nəticələri

<i>Vəziyyət</i>	<i>Pozitiv</i>	<i>Negativ</i>	<i>Neytral</i>	<i>Umumi</i>
Doğuma Nəzarət	5696	3835	117	9648
Depressiya	2043	936	116	3095
Ağrı	1369	537	194	2100
Narahatlıq	1290	539	79	1908
Sızanaq	1210	608	29	1847



Şəkil 4. Dərmanlarla bağlı pasiyent rəylərinin beş tibbi vəziyyət üzrə sentiment analizinin nəticələrinin vizual görüntüsü

4-cü mərhələ. Bu mərhələdə baxılan 5 tibbi vəziyyət üzrə istifadə olunan dərmanlar haqqında rəylərin sentiment analizi aparılmış və hər bir vəziyyət üzrə pozitiv rəylər sayına görə dərmanların nizamlanmış siyahısı alınmışdır (cədvəl 2).

Cədvəl II. Beş tibbi vəziyyət üzrə istifadə edilən dərmanlardan ilk üçlükdə olanları ilə bağlı rəylərin sentiment analizinin nəticələri

<i>Vəziyyət</i>	<i>Dərman adı</i>	<i>Pozitiv (%)</i>	<i>Neytral (%)</i>	<i>Negativ (%)</i>
Sızanaq	Accutane	74.57	0	25.43
	Doxycycline	66.42	3.47	30.11
	Isotretinoin	64.36	0.93	34.71
Narahatlıq	Bupropion	75	0	25
	Gabapentin	74.67	1.33	24
	Escitalopram	72.65	1.68	25.67
Doğuma Nəzarət	Etonogestrel	64.53	0.75	34.72
	Ethinyl estradiol / norethindrone	61.11	0.86	38.03
	Levonorgestrel	57.83	1.55	40.62
Depressiya	Bupropion	71.46	3.35	25.19
	Sertraline	70.77	2.93	26.30
	Escitalopram	67.88	3.85	28.27
Ağrı	Oxycodone	64.88	12.70	22.42
	Tramadol	63.79	8.60	27.61
	Gabapentin	60.53	10.53	28.95

5-ci mərhələ. 3 və 4-cü mərhələlərdə alınan nəticələrin inteqrasiyası əsasında dərmanların effektivliyi ilə bağlı ictimai rəy aşağıdakı kimi identifikasiya olunur:

1.Sızanaq: Sızanaq üçün dərmanlar arasında, *Accutane* dərmanı ən çox müsbət rəy sayına malikdir və ən az neqativ rəy faizinə sahib olan dərmandır.

2. Narahatlıq: Narahatlıq üçün dərmanlar arasında, *Bupropion* ən çox müsbət rəy toplayan dərmandır, bu dərman haqqında heç bir neytral rəy olmamışdır.

3. Doğum Nəzarəti: Doğum nəzarəti üçün dərmanlar arasında *Etonogestrel* yüksək müsbət rəy faizinə və ən az neytral və neqativ rəy faizinə sahibdir.

4. Depressiya: Depressiya üçün dərmanlar arasında *Bupropion* ən çox müsbət və ən az neqativ rəy faizinə sahibdir. Pasiyentlərin rəylərinin pozitivlik faizlərinə görə *Sertraline* və *Bupropion* adlı dərmanların nəticələri bir-birinə çox yaxındır. Lakin müqayisədə *Sertraline* daha çox neqativ rəy alan dərmandır.

5. Ağrı: Ağrı müalicəsi üçün dərmanlar arasında *Oxycodone* ən yüksək müsbət rəy faizinə malik və ən az neqativ rəy alan dərmandır. *Gabepentin* ağrı vəziyyəti üzrə ən çox müsbət rəy toplayanların sırasında olsa da, ən çox neqativ rəy faizinə sahib dərmandır.

Beləliklə, tibbi sosial medianın pasiyent-dərman seqmentində toplanan rəylər əsasında dərmanların effektivliyi ilə bağlı təkcə ümumi ictimai rəyin formalaşması məsələsinin deyil, həm də hansı xəstəliklər üzrə ən çox hansı dərmanlara müraciət edildiyi məsələsinin həll imkanı göstərilmişdir.

5. Nəticə

Məqalədə ictimai rəyə görə dərmanların effektivliyinin qiymətləndirilməsi məsələsinin həllinə baxılmış, tibbi sosial mediada dərmanlarla bağlı pasiyent rəylərinin analizi üçün informasiya mənbəyi olaraq *Kaggle* şirkətinin *drugComTest_raw.csv* bazasından istifadə edilmişdir. Dərmanlarla bağlı rəylərin tonallığının təyini üçün *Logistik Regressiya* maşın təlimi metodundan və sentiment analizdən istifadə edilmişdir.

Tədqiqatda pasiyentlərin rəylərinə görə dərmanların effektivliyinin təyini məsələsinin həlli üçün:

- pasiyentlərin ən çox hansı xəstəliklə bağlı dərmanlara müraciət etməsi məsələsi həll edilmiş, bu məsələnin həllində pasiyent-xəstəlik seqmentindəki rəylərə istinad edilmiş və beş xəstəlik (Sızanaq, Narahatlıq, Doğuma Nəzarət, Depressiya və Ağrı) seçilmişdir;

- xəstəliklər üzrə ən çox hansı dərmanlara müraciət olunması məsələsi həll edilmiş, məsələnin həllində xəstəlik-dərman seqmentindəki rəylərə istinad edilmiş və hər bir xəstəlik üzrə 3 dərman seçilmişdir.

- dərmanların effektivliyi ilə bağlı ictimai rəyin formalaşmasına pasiyent-xəstəlik və xəstəlik-dərman seqmentləri üzrə alınan nəticələrin integrasiyasında baxılmış və nəticələrin identifikasiyası verilmişdir.

Dərmanların effektivliyinin təyini üçün təklif edilən yanaşma əsasında onların mümkün yan təsirlərinin də qiymətləndirilməsi maraq kəsb edir. Belə ki, pasiyent rəyləri vasitəsilə təkcə dərmanların effektivliyi deyil, həmçinin onların yan təsirləri və pasiyentlər tərəfindən necə qəbul edildiyi ilə bağlı ətraflı məlumat əldə etmək mümkündür. Digər tərəfdən, müəyyən xəstəliklərdə istifadə olunan bir sıra dərmanların yüksək müsbət rəy faizinə malik olmasına baxmayaraq onunla bağlı neqativ rəylərdə (hətta az sayda olsa da) ciddi yan təsirlər haqqında məlumatlara rast gəlmək mümkündür. Belə məlumatlar fərdyönümlü tibbin inkişafında vacib məqamdır, belə ki, bir xəstə tərəfindən yüksək effektivliklə qəbul edilən dərmanlar, digərləri üçün mənfi nəticələrə, fəsadlara səbəb ola bilər. Bu səbəbdən tədqiqatın davamı olaraq neqativ rəylərin daha dərinlən təhlili və onlardakı məlumatlar əsasında dərmanların effektivliyinin qiymətləndirilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Ədəbiyyat

1. Alexander, G., Bahja, M., & Butt, G. F. (2022). Automating large-scale health care service feedback analysis: Sentiment analysis and topic modeling study. *JMIR Medical Informatics*, 10(4), e29385. <https://doi.org/10.2196/29385>
2. Cavalcanti, D., & Prudêncio, R. (2017). Aspect-based opinion mining in drug reviews. In E. Oliveira, J. Gama, Z. Vale, & H. Lopes-Cardoso (Eds.), *Progress in Artificial Intelligence (EPIA) (Lecture Notes in Computer Science, Vol. 10423, pp. 815–827)*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65340-2_66
3. Das, S., Kumar-Mahata, S., Das, A., & Deb, K. (2021). Disease prediction from drug information using machine learning. *American Journal of Electronics & Communication*, 1(4), 16–21. <https://doi.org/10.15864/ajec.1403>
4. Gräßer, F., Kallumadi, S., Malberg, H., & Zaunseder, S. (2018, April). Aspect-based sentiment analysis of drug reviews applying cross-domain and cross-data learning. In *Proceedings of the 2018 International Conference on Digital Health* (pp. 121–125). <https://doi.org/10.1145/3194658.3194677>
5. Issam, A., Saida, E., & Fatna, E. (2021). Sentiment analysis of health care: Review. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 319, p. 1-7). E3S International Congress on Health Vigilance (VIGISAN 2021). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131901064>
6. Kaggle. (n.d.). UCI ML Drug Review dataset. <https://www.kaggle.com/datasets/jessicali9530/kuchackathon-winter-2018>
7. Kowsari, K., Meimandi, K. J., Heidarysafa, M., Mendu, S., Barnes, L. E., & Brown, D. E. (2019). Text classification algorithms: A survey. *Information*, 10(4), 150. <https://doi.org/10.3390/info10040150>
8. Mammadova, M. H., & Jabrayilova, Z. G. (2019). *Electronic medicine: Formation and scientific-theoretical problems*, pp. 1–349. Baku: Information Technologies Publishing House. <https://ict.az/uploads/files/E-medicine-monograph-IIT-ANAS.pdf>
9. Mammadova, M. H., Jabrayilova, Z. G., & Isayeva, A. M. (2020). Conceptual approach to the use of information acquired in social media for medical decisions. *Online Journal of Communication and Media Technologies*, 10(2), e202007. <https://doi.org/10.29333/ojcm/6400>
10. Mammadova, M. H., Jabrayilova, Z. G., & Shikhaliyeva, N. R. (2022). Lexicon-based sentiment analysis of medical data. *Technology Transfer: Fundamental Principles and Innovative Technical Solutions*, (3), 7–10. <https://doi.org/10.21303/2585-6847.2022.002671>
11. Mammadova, M., Jabrayilova, Z., & Shikhaliyeva, N. (2023). Development of decision-making technique based on sentiment analysis of crowdsourcing data in medical social media resources. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(3 (125)), 75–85. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.289989>
12. Panda, B., Panigrahi, C. R., & Pati, B. (2022). Exploratory data analysis and sentiment analysis of drug reviews. *Computación y Sistemas*, 26(3), 1191–1199.
13. Shiju, A., & He, Z. (2021). Classifying drug ratings using user reviews with transformer-based language models. *MedRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2021.04.15.21255573>

14. Tang, J. E., Arvind, V., Dominy, C., White, C. A., Cho, S. K., & Kim, J. S. (2023). How are patients reviewing spine surgeons online? A sentiment analysis of physician review website written comments. *Global Spine Journal*, 13(8), 2107–2114. <https://doi.org/10.1177/21925682231156323>
15. Vijayaraghavan, S., & Basu, D. (2020). Sentiment analysis in drug reviews using supervised machine learning algorithms. *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2003.11643>
16. Yadav, S., Ekbal, A., Saha, S., & Bhattacharyya, P. (2018). Medical sentiment analysis using social media: Towards building a patient assisted system. In *Proceedings of the Eleventh International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2018)* (pp. 2790–2797). Miyazaki, Japan.

Determining Public Opinion on the Effectiveness of Drugs Based on Information from Social Media Resources

Abstract

The article explores the solution to the problem of determining the effectiveness of drugs through sentiment analysis of patient reviews collected in the medical segment of social media. The Kaggle platform's drugsComTest_raw.csv medical database was used to analyze drug reviews, and lexicon-based sentiment analysis, statistical methods, and machine learning algorithms were applied. In the study, patient-drug, patient-disease, and weak-drug reviews shared by patients on social media are investigated. According to this relationship, the results obtained from the sentiment analysis of patient reviews provide answers to questions such as: 1) which socially related drugs are most frequently used? 2) which drugs are most frequently used for each problem?. The results obtained from this solution can be used to obtain public opinion on issues in the healthcare system and make more transparent decisions.

Keywords: medical social media, sentiment analysis, hybrid approach, machine learning, drug review, medical decision-making.

Определение общественного мнения об эффективности лекарственных препаратов на основе информации из социальных медиа-ресурсов

Аннотация

В статье рассматривается решение задачи определения эффективности лекарственных препаратов на основе анализа настроений отзывов пациентов, собранных в медицинском сегменте социальных сетей. Для анализа отзывов пациентов о лекарственных препаратах использовалась медицинская база данных drugsComTest_raw.csv платформы Kaggle, а также применялись анализ настроений на основе лексикона, статистические методы и

алгоритмы машинного обучения. В исследовании изучались мнения пациентов в социальных сетях о лекарственных препаратах с точки зрения взаимосвязей «пациент-препарат», «пациент-болезнь» и «болезнь-препарат». На основании результатов анализа настроений в отзывах пациентов относительно этих взаимоотношений: 1) Какие лекарственные препараты для лечения заболеваний используются чаще всего? 2) Какие лекарства чаще всего используются при каждом заболевании? Возможность ответа на такие вопросы, как: Результаты, полученные при решении этих вопросов, могут быть использованы для принятия более объективных и прозрачных решений в системе здравоохранения с учетом общественного мнения по соответствующим направлениям.

Ключевые слова: медицинские социальные сети, анализ тональности, гибридный подход, Отзывы о лекарствах, обучение машины, принятие медицинских решений.

TƏHSİLDƏ İNFORMASIYA TEXNOLOGİYALARININ ROLUNUN GÜCLƏNDİRİLMƏSİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206059>

Nərgiz Fətahova

nargiz.fatakhova@azmiu.edu.az

ORCID: 0000-0003-3792-3442

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti

Xülasə

İnformasiya texnologiyalarının təhsildə istifadəsi təhsil sistemində ciddi dəyişikliklərə yol açmışdır. Bu texnologiyalar öyrənmə prosesini daha effektiv, interaktiv və fərdiləşdirilmiş edir. Lakin, bu prosesin uğurla həyata keçirilməsi üçün müəyyən çətinliklər, məsələn, rəqəmsal bərabərsizlik, müəllimlərin hazırlığı və məlumat təhlükəsizliyi məsələləri mövcuddur. Gələcəkdə, süni intellekt, virtual reallıq, blockchain və digər müasir texnologiyalar təhsildəki rolunu daha da genişləndirəcək və təhsilin daha əlçatan, effektiv və cəlbedici olmasına kömək edəcəkdir.

Açar sözlər: İnformasiya Texnologiyaları, Təhsil, Fərdiləşdirilmiş öyrənmə, İnnovasiya, Təhlükəsizlik, Onlayn təhsil, Tədris metodları, Təhsil bərabərsizliyi, Müəllimlər, Digital bacarıqlar, Virtual reallıq, Süni intellekt.

Giriş

Son illərdə informasiya texnologiyalarının (İT) sürətli inkişafı təhsil sahəsində köklü dəyişikliklərə səbəb olmuş və tədris metodlarının modernləşməsinə yol açmışdır. İnformasiya texnologiyalarının təhsildə istifadəsi, öyrənmə və tədris proseslərini daha interaktiv, fərdiləşdirilmiş və səmərəli hala gətirir. Bu məqalədə təhsildə informasiya texnologiyalarının rolunun gücləndirilməsinin əhəmiyyəti, faydaları, qarşıya çıxan çətinliklər və gələcək potensialı ətraflı şəkildə müzakirə ediləcəkdir.

İnformasiya Texnologiyalarının Təhsildəki Rolu

İnformasiya texnologiyalarının təhsildə istifadəsi tədris metodlarını dəyişdirərək təhsil mühitində bir çox müsbət yeniliklərə səbəb olmuşdur. Bu texnologiyalar tələbələrin öyrənmə prosesini asanlaşdırır, tədris materiallarını daha maraqlı və interaktiv hala gətirir və müəllimlərə daha fərdiləşdirilmiş tədris təcrübəsi təqdim edir.

Tədris metodlarının dəyişməsi və inkişafı

İnformasiya texnologiyalarının təhsildə tətbiqi ənənəvi tədris metodlarını modernləşdirir. Elektron kitablar, videolar, simulyasiyalar və digər rəqəmsal vasitələr tələbələrə dərsləri daha yaxşı mənimsəməyə kömək edir. (Həsənov & Əliyev, 2018). Bu texnologiyalar öyrənmə

prosesini daha vizual, interaktiv və maraqlı edir. Müəllimlər dərsləri daha əyləncəli şəkildə təqdim edə bilirlər, bu da tələbələrin dərslərə olan marağını artırır.

Fərdiləşdirilmiş öyrənmə təcrübəsi

İnformasiya texnologiyaları vasitəsilə tələbələr öz sürətlərində öyrənmə bilirlər. Rəqəmsal təhsil platformaları, tələbələrin fərdi inkişafını izləyərək onların zəif tərəflərini müəyyənləşdirir və uyğun dərs materialları təqdim edir. Bu yanaşma tələbələrin ehtiyaclarına uyğun təhsil almalarını təmin edir və daha effektiv bir öyrənmə prosesi yaradır. Müəllimlər isə tələbələrin inkişafını daha detallı şəkildə izləyir və onlara fərdi geribildirim verirlər. (Lai, C. K., & Li, K. C. 2018).

Əlçatanlıq və bərabərlik

İnformasiya texnologiyalarının təhsildə istifadəsi təhsil prosesinə əlçatanlığı artırır. Onlayn təhsil platformaları və açıq mənbə materialları tələbələrin coğrafi və iqtisadi çətinliklərdən asılı olmayaraq təhsilə daxil olmalarını təmin edir. Bu, xüsusilə inkişaf etməkdə olan ölkələrdə və uzaq bölgələrdə yaşayan tələbələr üçün mühüm bir imkan yaratmışdır. Təhsil prosesində sərhədlərin aradan qalxması, təhsil bərabərsizliklərini azaldır və daha geniş auditoriyaya təhsil imkanı təqdim edir.

Tələbə və müəllim arasında əlaqə və qarşılıqlı əlaqə

İnformasiya texnologiyaları, müəllim və tələbə arasında əlaqəni gücləndirir. Müəllimlər dərs materiallarını onlayn olaraq təqdim edə bilər və dərs müzakirələrinə, forumlarına qatılmaqla tələbələrə daha çox dəstək ola bilərlər. Tələbələr isə bu platformalarda müəllimlərindən və digər tələbələrdən daha çox geribildirim və dəstək ala bilərlər. Bu qarşılıqlı əlaqə, tələbələrin dərslərə daha çox daxil olmalarını təmin edir və onların inkişafını dəstəkləyir. (Yang & Yang, 2020).

İnnovativ tədris vasitələrinin tətbiqi

Təhsil sahəsində innovativ texnologiyaların tətbiqi, oyun əsaslı öyrənmə (gamification) və virtual reallıq (VR) kimi metodları əhatə edir. Bu yanaşmalar dərsləri daha maraqlı və interaktiv edir, tələbələrin motivasiyasını artırır. Məsələn, VR vasitəsilə tələbələr müəyyən mövzuları daha real və interaktiv şəkildə təcrübə edə bilirlər. Bu, öyrənmə prosesini daha təsirli edir və tələbələrin dərslərdə daha fəal iştirak etmələrini təmin edir.

İnformasiya Texnologiyalarının Təhsildəki Çətinlikləri

İnformasiya texnologiyalarının təhsildə istifadəsi bir sıra çətinliklərlə qarşılaşır. Bunlar əsasən resurs çatışmazlığı, müəllimlərin hazırlıqsız olması və təhlükəsizlik məsələləri ilə bağlıdır.

1. Rəqəmsal təhsil bərabərsizliyi

Hər bir təhsil müəssisəsinin eyni səviyyədə texnoloji resurslara sahib olmaması təhsil bərabərsizliklərinə səbəb olur. Bəzi məktəblərdə və universitetlərdə texnoloji avadanlıqlar və

internet bağlantısı zəifdir. Bu vəziyyət, inkişaf etməkdə olan və uzaq bölgələrdə yerləşən məktəblərdə daha çox müşahidə edilir.

2. Müəllimlərin hazırlığının qeyri-kafiliyi

Texnologiyanın effektiv istifadəsi üçün müəllimlərin bu sahədə ixtisaslaşması vacibdir. Lakin, bəzi müəllimlər bu texnologiyalardan effektiv istifadə etməkdə çətinlik çəkirlər. Müəllimlərə texnoloji bacarıqların öyrədilməsi, bu çətinliyin aradan qaldırılması üçün önəmlidir.

3. Texnologiya asılılığı

Texnologiyanın təhsil sahəsində çox istifadə olunması, tələbələr arasında internet və cihazlara asılılığın yaranmasına səbəb ola bilər. Bu asılılıq, tələbələrin sosial bacarıqlarını inkişaf etdirməsinə və fiziki fəaliyyətə də mənfi təsir göstərə bilər. (Al-Ali & El-Desouky, 2020)

4. Məlumat təhlükəsizliyi və gizlilik məsələləri

İnformasiya texnologiyalarının təhsildə istifadəsi, tələbələrin şəxsi məlumatlarının qorunması məsələlərini gündəmə gətirir. Onlayn təhsil platformalarında məlumatların düzgün şəkildə qorunması və təhlükəsizliyi təmin edilməlidir. Şəxsi məlumatların sızması və təhlükəsizlik problemləri təhsil sahəsində ciddi narahatlıq yarada bilər.

İnformasiya Texnologiyalarının Təhsildəki Gələcək Potensialı

İnformasiya texnologiyalarının təhsildə istifadəsi gələcəkdə daha da genişlənəcək və təhsil sahəsini daha müasir, interaktiv və əlçatan edəcək. Gələcəkdə süni intellekt (AI), virtual reallıq (VR), artırılmış reallıq (AR) və blockchain kimi texnologiyalar təhsildə daha çox tətbiq ediləcəkdir.

1. Süni İntellekt və Avtomatlaşdırılmış Təhsil

Süni intellekt texnologiyası, təhsil sahəsində böyük potensiala malikdir. AI, tələbələrin inkişafını izləyərək onların zəif tərəflərini müəyyənləşdirir və fərdi tədris proqramları təklif edir. Bu, təhsilin daha fərdiləşdirilməsini təmin edir və hər bir tələbəyə xüsusi tədris planı təqdim edir. Həmçinin, avtomatlaşdırılmış qiymətləndirmə sistemləri müəllimlərin vaxtını qənaət edir və onların obyektiv qiymətləndirmə etmələrini təmin edir.

2. Virtual Reallıq (VR) və Artırılmış Reallıq (AR)

Virtual reallıq və artırılmış reallıq texnologiyaları təhsildə böyük inqilab yaratmaq potensialına malikdir. VR vasitəsilə tələbələr, tarix, coğrafiya və digər fənlər üzrə real təcrübə əldə edə bilərlər. AR isə dərs materiallarına əlavə interaktiv xüsusiyyətlər əlavə edir, bu da tələbələrin dərslərlə daha sıx əlaqə qurmasını təmin edir. (Həsənov, F., & Əliyev, M. 2018)

3. Onlayn Təhsil və Beynəlxalq Əlçatanlıq

Onlayn təhsil platformalarının inkişafı, təhsil sistemlərini global miqyasda daha əlçatan edir. Tələbələr dünyanın hər hansı bir nöqtəsindən təhsilə daxil ola bilərlər. Bu, inkişaf etməkdə olan

ölkələrdə təhsil imkanlarını genişləndirir və təhsilin daha demokratik hala gəlməsini təmin edir.

4. Blockchain və Təhsil Şəxsiyyəti

Blockchain texnologiyası, tələbələrin təhsil məlumatlarının təhlükəsizliyini təmin etmək üçün istifadə edilə bilər. Bu texnologiya tələbələrin təhsil məlumatlarını saxlamaq və doğrulamaq üçün müasir və etibarlı bir vasitə təmin edir.

Blockchain texnologiyası təhsildə daha çox diqqət çəkməkdədir, çünki bu texnologiya məlumatların təhlükəsizliyi və şəffaflığı baxımından böyük potensiala malikdir. Təhsil sahəsində blockchain texnologiyasının istifadəsi bir sıra mühüm faydalar gətirə bilər:

Təhsil Məlumatlarının Təhlükəsizliyi

Blockchain texnologiyası, tələbələrin təhsil məlumatlarını qorumaq və doğrulamaq üçün çox güclü bir vasitədir. Təhsil müəssisələri tələbələrə aid məlumatları, diplomları, sertifikatları və digər təhsil sənədlərini blockchain üzərində qeyd edə bilər. Bu məlumatlar dəyişdirilə bilməz və şəffaf şəkildə saxlanılır, bu da onların saxtalaşdırılmasını və manipulyasiya edilməsini tamamilə əngəlləyir.

Məsələn, tələbələr təhsil müddətində qazandıqları bütün sertifikatları və akademik uğurları blockchain üzərində qeyd edə bilərlər. Bu məlumatlar həm müəllimlər, həm də işəgötürənlər tərəfindən asanlıqla doğrulanabilir, bu da təhsil sisteminin şəffaflığını artırır və məlumatların doğruluğunu təmin edir.

Diplom və Sertifikatların Rəqəmsal Doğrulanması

Blockchain texnologiyası, rəqəmsal diplom və sertifikatların doğruluğunu təmin etməklə yanaşı, tələbələrə bu sənədləri istənilən zaman və hər yerdə özləri üçün doğrulama imkanı verir. Təhsil müəssisələri artıq tələbələrin diplomlarını və digər akademik sənədlərini blockchain üzərində saxlamağa başlayır. Bu, tələbələrin təhsil məlumatlarının itirilməsini və ya saxtalaşdırılmasını əngəlləyir. (Hwang, G. J., & Chang, J. Y. 2020).

Tələbə bir təhsil müəssisəsindən məzun olduqda, diplom və ya sertifikat blockchain-də qeyd edilir və bu məlumat yalnız hüquqi şəkildə nəzərdən keçirilə bilər. İşəgötürənlər bu məlumatları sistemə daxil edərək tələbənin təhsil tarixçəsini doğrulaya bilərlər. Bu yanaşma, ənənəvi sənədlərlə əlaqəli bütün saxtakarlıq hallarını aradan qaldırır.

Qlobal Təhsil Bazarı və Təhsil İmkanlarının Aşkarlaşdırılması

Blockchain həm də beynəlxalq təhsil sistemləri arasında məlumat mübadiləsini sadələşdirir. Tələbələr, beynəlxalq səviyyədə təhsil almağa qərar verdikdə, fərqli ölkələrin təhsil sistemləri ilə əlaqəli məlumatlara asanlıqla giriş əldə edirlər. Blockchain üzərində saxlanılan diplomlar və sertifikatlar, həmçinin beynəlxalq standartlara uyğun olaraq etibarlı və asan doğrulanan sənədlər təqdim edir. (Al-Ali & El-Desouky, 2020)

Bu, təhsil müəssisələri arasında əlaqələri gücləndirir və təhsil sertifikatlarının beynəlxalq səviyyədə tanınmasını asanlaşdırır. Blockchain sistemləri, həmçinin təhsil resurslarının açıq şəkildə təqdim olunmasına və təhsil mübadiləsi proseslərinin sürətləndirilməsinə imkan yaradır.

İqtisadiyyatın Yaradılması və Təhsil Resurslarına Giriş

Blockchain texnologiyası təhsil sahəsindəki müxtəlif resursları bir araya gətirərək, daha ədalətli və şəffaf bir təhsil bazarının yaradılmasına töhfə verə bilər. Təhsil müəssisələri və müəllimlər arasında daha şəffaf bir əməkdaşlıq mümkün olacaqdır. (Seidman, A., & Burney, M. 2019) Müəllimlər və təhsil mütəxəssisləri blockchain üzərindən tədris materiallarını və kurslarını satmaqla, öz işlərinə daha geniş auditoriya və beynəlxalq tanınma qazana bilərlər.

Bu, təhsil bazarını daha sərbəst və çevik hala gətirəcək və fərqli ölkələrdən olan tələbələrə müxtəlif təhsil imkanlarına çıxış imkanı yaradacaqdır. Bu yanaşma, təhsil resurslarının daha əlçatan olmasını və təhsil müəssisələri arasında daha sərbəst mübadiləni təmin edəcəkdir.

Məlumatların İdarə Edilməsi və Müəllimlər üçün İmkanlar

Blockchain, müəllimlərin peşəkar inkişafını izləmək və onların tədris bacarıqlarını qiymətləndirmək üçün də istifadə edilə bilər. Müəllimlər öz iş təcrübələrini, sertifikatlarını və digər peşəkar nailiyyətlərini blockchain-də qeyd edə bilərlər. Bu məlumatlar müəllimlərin fəaliyyətini izləməyə və onların peşəkar inkişafını qiymətləndirməyə kömək edəcəkdir. (Quliyev, S., & Həsənov, A. 2022).

Ədəbiyyat siyahısı

1. **Al-Ali, A. R., & El-Desouky, A. A.** (2020). *Impact of Information Technology in Education: A Literature Review*. Journal of Computer Science and Technology, 35(4), 179-189. <https://doi.org/10.1016/j.jcst.2020.06.002>.
2. **Hwang, G. J., & Chang, J. Y.** (2020). *A Review of the Use of Virtual Reality in Education: Benefits and Challenges*. Educational Technology & Society, 23(2), 1-10. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/26458212>.
3. **Lai, C. K., & Li, K. C.** (2018). *Teaching and Learning with Digital Technology in Higher Education: A Review of Recent Studies*. Educational Media International, 55(3), 213-226. <https://doi.org/10.1080/09523987.2018.1496001>.
4. **Seidman, A., & Burney, M.** (2019). *Blockchain in Education: Implications for the Future*. Journal of Educational Technology Development and Exchange, 12(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ajte.2019.09.005>.

5. **Yang, Y., & Yang, M.** (2020). *Blockchain in Education: A New Paradigm for Education Data Security and Integrity*. Journal of Educational Computing Research, 58(3), 429-442. <https://doi.org/10.1177/0735633119889998>.
6. **Mammadov, M. H., & Əliyev, H. Ə.** (2020). *Təhsildə İnformasiya Texnologiyalarının İstifadəsi: Problemlər və Perspektivlər*. Azərbaycan Təhsil Jurnalı, 12(3), 45-58.
7. **Quliyev, S., & Həsənov, A.** (2022). *Süni intellektin gələcəyi: İdarəetmə sistemlərində tətbiqi və perspektivlər*. Texnologiya və İqtisadiyyat, 30(5), 143-156.
8. **Həsənov, F., & Əliyev, M.** (2018). *Rəqəmsal idarəetmə sistemlərində süni intellektin tətbiqi: Analiz və perspektivlər*. Azərbaycan Dövlət İqtisad Universitetinin Jurnalı, 12(2), 55-62

Özet

Bilişim teknolojilerinin eğitimde kullanılması eğitim sisteminde ciddi değişikliklere yol açmıştır. Bu teknolojiler öğrenme sürecini daha etkili, etkileşimli ve kişiselleştirilmiş hale getiriyor. Ancak bu sürecin başarılı bir şekilde uygulanmasının önünde dijital eşitsizlik, öğretmen eğitimi, veri güvenliği sorunları gibi bazı zorluklar da bulunmaktadır. Gelecekte yapay zeka, sanal gerçeklik, blok zinciri ve diğer modern teknolojiler eğitimdeki rollerini daha da genişletecek ve eğitimi daha erişilebilir, etkili ve ilgi çekici hale getirmeye yardımcı olacak.

Anahtar Kelimeler: Bilişim Teknolojileri, Eğitim, Kişiselleştirilmiş öğrenme, Yenilik, Güvenlik, Çevrimiçi eğitim, Öğretim yöntemleri, Eğitim eşitsizliği, Öğretmenler, Dijital beceriler, Sanal gerçeklik, Yapay zeka.

Abstract

The use of information technology in education has led to significant changes in the education system. These technologies make the learning process more effective, interactive and personalized. However, there are certain challenges for the successful implementation of this process, such as digital inequality, teacher training and information security issues. In the future, artificial intelligence, virtual reality, blockchain and other modern technologies will further expand their role in education and help make education more accessible, effective and attractive.

Keywords: Information Technology, Education, Personalized Learning, Innovation, Security, Online Education, Teaching Methods, Educational Inequality, Teachers, Digital Skills, Virtual Reality, Artificial Intelligence.

SÜNİ İNTELLEKTİN HÜCEYRƏ BIOLOGİYASINDA TƏTBİQİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206189>

KÖNÜL BAYRAMOVA

konul.bayramova.2911@mail.ru

Gəncə Dövlət Universiteti

Son onilliklər ərzində süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının sürətli inkişafı bir çox elmi sahələrə, o cümlədən biologiyaya əhəmiyyətli təsir göstərmişdir. Xüsusilə, hüceyrə səviyyəsində aparılan tədqiqatlarda böyük həcmli məlumatların toplanması və təhlili süni intellekt metodlarının tətbiqini zəruri etmişdir. Bu texnologiyalar bioloji sistemlərin davranışlarını daha dəqiq modelləşdirməyə, hüceyrəvi funksiyaları anlamağa və xəstəliklərin erkən diaqnostikasına töhfə verməyə başlamışdır.

Müasir dövrdə bioloji məlumatların həcmnin sürətlə artması, xüsusilə hüceyrə səviyyəsində çoxölçülü və mürəkkəb verilənlərin yaranması, ənənəvi analiz metodlarının effektivliyini məhdudlaşdırmışdır. Bu səbəbdən süni intellekt və maşın öyrənməsi texnologiyalarının tətbiqi, həm məlumatların təhlili, həm də bioloji proseslərin modelləşdirilməsi baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Əsas diqqət hüceyrə təsvirlərinin emalı, gen ifadə analizləri, protein struktur proqnozu və hüceyrə davranışlarının öyrənilməsi kimi sahələrdə Sİ metodlarının istifadəsinə yönəldilmişdir. Dərin öyrənmə modelləri, xüsusilə konvolyusiyalı neyron şəbəkələr və rekurrent strukturlar, bu proseslərdə yüksək dəqiqlik və effektivlik nümayiş etdirmişdir. Eyni zamanda, sistem biologiyası çərçivəsində kompleks hüceyrə şəbəkələrinin analizində də süni intellektin imkanlarından istifadə olunmuşdur. Nəticə etibarilə, süni intellektin hüceyrə biologiyasında perspektivləri olduqca ümidvericidir və gələcəkdə tibbi diaqnostika, dərman kəşfi və fərdi tibb sahələrində inqilabi dəyişikliklərə səbəb ola bilər.

Müasir biologiya sahəsində yaranan məlumat bolluğu və bu məlumatların kompleksliyi tədqiqatçıları daha effektiv və avtomatlaşdırılmış analiz metodları axtarmağa vadar etmişdir. Xüsusilə hüceyrə səviyyəsində aparılan tədqiqatlarda əldə edilən çoxölçülü və yüksək həcmli verilənlərin təhlili üçün ənənəvi statistik yanaşmalar bəzən kifayət etmir. Bu baxımdan, süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının – xüsusilə maşın öyrənməsi və dərin öyrənmə metodlarının – bioloji tədqiqatlara inteqrasiyası yeni imkanlar yaratmışdır.

Hüceyrə biologiyası canlıların ən fundamental struktur və funksional vahidi olan hüceyrələrin quruluşunu, funksiyasını və qarşılıqlı təsir mexanizmlərini öyrənən sahədir. Son illərdə bu sahədə aparılan tədqiqatlar mikroskopik görüntüləmə, gen ifadə analizi, proteomika və digər omik texnologiyalar vasitəsilə çoxlu sayda mürəkkəb və strukturlaşdırılmamış verilənlərin əldə olunmasına səbəb olmuşdur. Bu verilənlərin təhlili və interpretasiyası insan müdaxiləsi olmadan, avtomatik sistemlər vasitəsilə daha sürətli və obyektiv şəkildə həyata keçirilə bilər.

Süni intellekt bu ehtiyacı qarşılayaraq, hüceyrəvi proseslərin daha dəqiq modelləşdirilməsi, anomaliyaların aşkarlanması, biomarkerlərin proqnozlaşdırılması və dərman namizədlərinin identifikasiyası kimi bir sıra sahələrdə tətbiq olunmaqdadır. Hüceyrə biologiyasında toplanan məlumatlar müxtəlif texnologiyalar vasitəsilə əldə olunur və bu məlumatların tərkibi, strukturu və miqyası təhlil metodlarının seçimində mühüm rol oynayır. Ənənəvi olaraq, hüceyrə səviyyəsində əldə edilən məlumatlara mikroskopik görüntülər, gen ekspressiyası profilləri, protein qarşılıqlı əlaqələri, metabolit konsentrasiyaları və digər omik verilənlər daxildir. Bu verilənlər yüksək ölçülü, çoxşaxəli və qeyri-xətti xarakter daşıyır ki, bu da onların təhlilində daha çevik və öyrənə bilən alqoritmlərə ehtiyac yaradır. Xüsusilə mikroskopik görüntülemə texnologiyalarının inkişafı ilə birlikdə tək-tək hüceyrələrin morfoloji və funksional xüsusiyyətlərini əks etdirən yüksək ölçülü şəkillər əldə olunur. Bu şəkillərin əl ilə təhlili həm zaman baxımından əlverişsizdir, həm də insan subyektivliyinə açıqdır. Bu səbəbdən süni intellekt əsaslı təsvir emalı metodları bu sahədə effektiv alternativ kimi çıxış edir.

Digər tərəfdən, transkriptomika, proteomika və metabolomika kimi sahələrdən gələn omik verilənlər strukturlaşdırılmamış və yüksək ölçülü olur. Bu verilənlər arasında genlər, proteinlər və metabolitlər arasındakı əlaqələrin aşkarlanması və şəbəkə analizlərinin aparılması üçün statistik modellərdən əlavə süni intellekt metodları – xüsusilə də qraf neyron şəbəkələri və dərin öyrənmə modelləri – geniş istifadə olunmaqdadır. Bu növ məlumatların əsas xüsusiyyəti – yüksək dəyişkənlik, böyük həcm və kompleks qarşılıqlı əlaqələr – Sİ sistemlərinin tətbiqini həm zəruri, həm də səmərəli edir. Beləliklə, hüceyrə biologiyasında verilənlərin xarakteri süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi üçün geniş imkanlar təqdim edir.

Süni intellekt texnologiyalarının hüceyrə biologiyasında tətbiqi müxtəlif alqoritmlərin və modellərin uyğunlaşdırılmasını tələb edir. Bu kontekstdə ən çox istifadə olunan yanaşmalar maşın öyrənməsi (machine learning) və dərin öyrənmə (deep learning) metodlarıdır. Onlar bioloji verilənlərdəki mürəkkəb nümunələri və əlaqələri aşkarlamaq üçün effektiv vasitə kimi çıxış edirlər.

Maşın öyrənməsi statistik metodların inkişaf etdirilmiş formasıdır və modelin verilənlər üzərində öyrədilərək proqnozlar verməsini təmin edir. Qeyd olunan yanaşma nəzarətli (supervised), nəzarətsiz (unsupervised) və yarınnəzarətli (semi-supervised) öyrənmə üsullarını əhatə edir. Nəzarətli öyrənmə hüceyrə tiplərinin təsnifatı, gen ifadəsi üzrə diaqnostik modellər və ya zülal funksiyalarının proqnozlaşdırılması kimi hallarda geniş tətbiq olunur. Nəzarətsiz öyrənmə isə klasterləşdirmə, şəbəkə aşkarlanması və verilənlərdəki strukturun kəşfi üçün istifadə edilir. Dərin öyrənmə metodları daha çox məlumat və hesablama gücü tələb etsə də, mürəkkəb verilənlər üçün yüksək performans göstərir. Konvolyusiyalı neyron şəbəkələr (CNN-lər) mikroskopik görüntülərin analizi üçün ən çox istifadə olunan modellər sırasındadır. Rekurrent neyron şəbəkələr (RNN-lər) və onların təkmilləşdirilmiş formaları olan uzun-qısamüddətli yaddaş modelləri (LSTM) zamanla dəyişən bioloji proseslərin və ya ardıcılıq əsaslı verilənlərin təhlilində tətbiq olunur. Son illərdə qraf neyron şəbəkələri (Graph Neural Networks, GNN) hüceyrə daxilindəki kompleks qarşılıqlı əlaqələrin modelləşdirilməsində populyarlıq qazanmışdır. Bu modellər bioloji şəbəkələri –

məsələn, protein qarşılıqlı təsir şəbəkələri və ya gen tənzimləmə sistemləri – qraf strukturları kimi təqdim edərək əlaqələri öyrənməyə imkan verir. Bu metodların seçimi və tətbiqi konkret tədqiqat məqsədindən, məlumatların növündən və keyfiyyətindən asılı olaraq dəyişir. (Esteve, A., Robicquet, A., Ramsundar, B., 2019 s.24)

Mikroskopik görüntülərin təhlili hüceyrə biologiyasının əsas fəaliyyət sahələrindən biridir. Hüceyrə morfologiyası, hüceyrə növü, hüceyrə dövrü və digər xüsusiyyətlər görüntü analizi vasitəsilə öyrənilə bilər. Bu sahədə ən çox istifadə olunan metodlardan biri konvolyusiyalı neyron şəbəkələrdir (CNN-lər), çünki bu modellər təsvirlərdəki xüsusiyyətləri yüksək dəqiqliklə tanıya bilər. CNN-lər, hüceyrə səviyyəsindəki morfoloji dəyişiklikləri, xərçəng hüceyrələrinin aşkar edilməsi və hüceyrə dövrü dəyişikliklərini tanımaq üçün istifadə edilir. Bununla yanaşı, hüceyrə təsvirlərindəki qeyri-bərabərliklər və anomaliyalar da CNN-lər vasitəsilə effektiv şəkildə analiz edilə bilər. Hüceyrə görüntülərindən əldə edilən məlumatların real vaxtda işlənməsi və proqnozlaşdırılması həkimlərə diaqnoz qoyma və ya tədqiqatlarda daha sürətli qərar verməyə imkan yaradır.

Gen ekspressiyası, bioloji sistemlərin və xəstəliklərin öyrənilməsində mühüm yer tutur. Gen ifadəsi profilinin təhlili, müxtəlif şəraitlərdə hansı genlərin aktivləşdiyini və ya susdurulduğunu müəyyən etməyə imkan verir. Bu növ verilənlərin təhlilində süni intellekt metodları, xüsusilə dərin öyrənmə və qruplaşdırma metodları geniş istifadə olunur. Gen ifadə verilənlərinin təhlilində ən çox tətbiq olunan metodlardan biri "gen şəbəkələri"nin qurulmasıdır. Burada Sİ metodları genomik verilənlərin strukturunu anlamağa və yeni biomarkerlərin aşkar edilməsinə kömək edir. Eyni zamanda, transkriptomika və proteomika sahələrində yüksək həcmli verilənlərin təhlilində Sİ modelləri xəstəliklərə dair yeni fərdi müalicə yanaşmalarının inkişafını təmin edə bilər.

Proteinlərin strukturu onların funksiyalarını müəyyən edən əsas amildir. Ancaq proteinlərin üçölçülü strukturlarını təyin etmək üçün ənənəvi üsullar, məsələn, rentgen kristalloqrafiyası və nüvə maqnit rezonansı (NMR), çox vaxt zaman alıcı və bahalıdır. Bu səbəbdən, süni intellekt metodları, xüsusən dərin öyrənmə, protein strukturunu təxmin etmək üçün yeni metodlar təqdim edir. 2019-cu ildə AlphaFold adlı Sİ modeli, proteinlərin üçölçülü strukturunu yüksək dəqiqliklə proqnozlaşdırmaqda böyük irəliləyiş əldə etdi. Bu metod, proteinlərin genetik məlumatlarına əsaslanaraq onların üçölçülü strukturlarını təyin edir və bu sahədəki tədqiqatlara sürətli irəliləyiş gətirir. Protein strukturlarının proqnozlaşdırılması dərman dizaynı və xəstəliklərin müalicəsi üçün yeni yanaşmaların inkişafına töhfə verə bilər. (Jumper, J., Evans, R., Pritzel, A., 2021 s.583)

Hüceyrə biologiyasının təməl anlayışlarından biri, hüceyrələrin qarşılıqlı əlaqələri və bu qarşılıqlı əlaqələrin necə kompleks şəbəkələr təşkil etdiyidir. Hüceyrə şəbəkələrinin modelləşdirilməsi bioloji prosesləri anlamağa və təbii sistemlərdəki qanunauyğunluqları aşkar etməyə imkan verir. Qraf neyron şəbəkələri (GNN) və digər şəbəkə əsaslı modellər bu sahədə istifadə olunur. Bu yanaşmalar hüceyrə daxilindəki gen, protein və digər molekullar arasındakı qarşılıqlı əlaqələri öyrənməyə imkan yaradır. Məsələn, gen tənzimləmə şəbəkələri və protein qarşılıqlı təsir şəbəkələri hüceyrə səviyyəsindəki dinamikaların daha yaxşı başa düşülməsini təmin edir. Bu cür

modelləşdirmələr eyni zamanda biomarkerlərin identifikasiyası və yeni dərman namizədlərinin aşkar edilməsində əhəmiyyətli rol oynayır.

Hüceyrə biologiyasındakı məlumatların təhlilində qarşılaşılan ən böyük çətinliklərdən biri verilənlərin keyfiyyətidir. Omik məlumatlar və mikroskopik görüntülər çox vaxt zəif keyfiyyətli və ya qeyri-dəqiq ola bilər. Bu, xüsusilə bioloji prosesləri təhlil edərkən alqoritmlərin səhv nəticələrə yol verməsinə səbəb ola bilər. Məsələn, mikroskopiya şəkillərindəki səs-küy və qeyri-bərabər işıqlandırma, hüceyrə xüsusiyyətlərinin düzgün qiymətləndirilməsini çətinləşdirir. Süni intellekt modelləri yüksək keyfiyyətli və etibarlı verilənlərə əsaslandığı zaman daha uğurlu olur. Bu səbəbdən, verilənlərin keyfiyyətini artırmaq üçün yeni texnologiyalar və alqoritmlər inkişaf etdirilməli və təhlil prosesində səhv proqnozların qarşısını almaq üçün səs-küyün aradan qaldırılması tələb olunur. (LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G. 2015, s. 436).

Süni intellektin hüceyrə biologiyasına inteqrasiyasının ən mühüm gələcək sahələrindən biri avtomatlaşdırılmış hüceyrə təhlilidir. Mikroskopik görüntülərin və omik verilənlərin avtomatik olaraq təhlil edilməsi, tədqiqatların sürətini əhəmiyyətli dərəcədə artıracaq. Bu, klinik tətbiqlərdə də geniş imkanlar yaradacaq, çünki daha sürətli və daha dəqiq diaqnozlar qoyulacaq və fərdi müalicə yanaşmalarına yol açılacaq. Süni intellektin klinik tibbə tətbiqi, məsələn, xərçəngin erkən mərhələlərində aşkarlanması və fərdi müalicə planlarının hazırlanması kimi sahələrdə böyük perspektivlər təqdim edir. Bu yanaşmaların inkişafı, təbii ki, etik və hüquqi məsələlərlə yanaşı, texnoloji tərəqqinin müsbət tərəflərini nümayiş etdirəcək.

Süni intellekt (Sİ) və hüceyrə biologiyası sahələrinin birləşməsi, bioloji tədqiqatlarda və tibbi tətbiqlərdə yeni imkanlar açmaqda davam edir. Sİ alqoritmləri, xüsusən dərin öyrənmə və maşın öyrənməsi metodları, hüceyrə səviyyəsindəki verilənlərin təhlilini sürətləndirir, daha dəqiq nəticələr əldə etməyə imkan verir və elmi araşdırmaların keyfiyyətini artırır. Hüceyrə morfologiyasının analizi, gen ifadəsi profillərinin tədqiqi, protein strukturunun proqnozlaşdırılması və hüceyrə şəbəkələrinin modelləşdirilməsi kimi sahələrdə əldə olunan irəliləyişlər, Sİ-nin bioloji elmlərdəki potensialını ortaya qoyur.

Bununla yanaşı, süni intellektin tətbiqi bəzi çətinliklər və problemlər ilə üzləşir. Verilənlərin keyfiyyəti və etibarlılığı, etiketlənmiş verilənlərin çatışmazlığı, alqoritmlərin şəffaflığı və interpretasiya məsələləri, həmçinin hesablama resurslarının məhdudluğu bu sahədəki əsas maneələrdəndir. Bununla yanaşı, etik və hüquqi məsələlər də süni intellektin bioloji tədqiqatlarda daha geniş tətbiqi üçün əhəmiyyətli bir maneə təşkil edir. Gələcəkdə, daha geniş verilənlərin inteqrasiyası, izah edilə bilən modellərin inkişafı, avtomatlaşdırılmış hüceyrə təhlili və global hüceyrə şəbəkələrinin modelləşdirilməsi kimi inkişaf sahələri, süni intellektin hüceyrə biologiyasına tətbiqində inqilabi dəyişikliklərə səbəb ola bilər. Eyni zamanda, tibb sahəsində də daha sürətli diaqnozlar və fərdi müalicə yanaşmalarının inkişafı mümkündür.

Nəticə etibarilə, süni intellektin hüceyrə biologiyasına inteqrasiyası tədqiqatçıların daha sürətli və daha doğru qərarlar qəbul etməsinə imkan verir, həmçinin bioloji elmlərin inkişafına yeni bir dövr açır. Bu sahədəki inkişaf, daha mürəkkəb bioloji proseslərin başa düşülməsini və daha effektiv müalicə üsullarının tətbiqini mümkün edəcək.

1. LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444
2. Jumper, J., Evans, R., Pritzel, A., et al. (2021). Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature*, 596(7873), 583–589
3. Esteva, A., Robicquet, A., Ramsundar, B., et al. (2019). A guide to deep learning in healthcare. *Nature Medicine*, 25(1), 24–29.

Summary. In recent years, the possibilities of applying artificial intelligence (AI) in cell biology and the main achievements in this field have been of interest. In modern times, the rapid increase in the volume of biological data, especially the generation of multidimensional and complex data at the cellular level, has limited the effectiveness of traditional analysis methods. Therefore, the application of artificial intelligence and machine learning technologies is of great importance both in terms of data analysis and modeling of biological processes.

The main focus is on the use of AI methods in areas such as cell image processing, gene expression analysis, protein structure prediction, and cell behavior studies. Deep learning models, especially convolutional neural networks and recurrent structures, have demonstrated high accuracy and efficiency in these processes. At the same time, the capabilities of artificial intelligence have been used in the analysis of complex cell networks within the framework of systems biology.

The article also discusses the challenges in this field - data quality, labeling issues, and algorithmic transparency. In conclusion, the prospects for artificial intelligence in cell biology are very promising and may lead to revolutionary changes in the fields of medical diagnostics, drug discovery, and personalized medicine in the future.

Keywords: artificial intelligence, cell biology, deep learning, bioinformatics, image processing, systems biology, modeling

Резюме. В последние годы интерес вызывают возможности применения искусственного интеллекта (ИИ) в клеточной биологии и основные достижения в этой области. В наше время быстрый рост объема биологических данных, особенно генерация многомерных и сложных данных на клеточном уровне, ограничил эффективность традиционных методов анализа. По этой причине применение технологий искусственного интеллекта и машинного обучения имеет большое значение как с точки зрения анализа данных, так и моделирования биологических процессов.

Основное внимание уделяется использованию методов ИИ в таких областях, как обработка изображений клеток, анализ экспрессии генов, прогнозирование структуры белков и изучение поведения клеток. Модели глубокого обучения, особенно сверточные нейронные сети и рекуррентные структуры,

продемонстрировали высокую точность и эффективность в этих процессах. В то же время возможности искусственного интеллекта нашли применение при анализе сложных клеточных сетей в рамках системной биологии.

В статье также обсуждаются проблемы в этой области — качество данных, вопросы маркировки и прозрачность алгоритмов. Следовательно, перспективы применения искусственного интеллекта в клеточной биологии чрезвычайно многообещающие и могут привести в будущем к революционным изменениям в областях медицинской диагностики, разработки лекарственных препаратов и персонализированной медицины.

Ключевые слова: искусственный интеллект, клеточная биология, глубокое обучение, биоинформатика, обработка изображений, системная биология, моделирование

APPLICATIONS OF TRANSFORMER MODELS IN NATURAL LANGUAGE PROCESSING

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206228>

Gültac Zeynalzadə

gultac.z@ndu.edu.az

orcid: 0009-0003-2186-3614

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Abstract

Transformer models have revolutionized the field of Natural Language Processing (NLP) by introducing a novel attention-based architecture that enables efficient processing of sequential data, capturing long-range dependencies, and scaling to large datasets. This article provides an in-depth overview of the fundamental components of Transformer architectures, including attention mechanisms, multi-head attention, and positional encodings, highlighting their advantages over traditional RNNs and CNNs. We explore the diverse applications of Transformers across key NLP tasks such as language modeling, machine translation, text classification, named entity recognition, question answering, summarization, and conversational AI. Additionally, the article discusses current challenges—including computational costs, data requirements, bias, and interpretability—and presents emerging trends aimed at addressing these issues. Overall, Transformers have profoundly impacted NLP, setting new performance benchmarks and opening avenues for future innovations in language understanding and generation.

Keywords: Transformer models, Natural Language Processing, attention mechanism, multi-head attention, language modeling, machine translation, text classification, named entity recognition, question answering, summarization, conversational AI, deep learning, NLP applications, model scalability, ethical AI.

Introduction

Recently, Natural Language Processing (NLP) has undergone a significant revolution, aided by advances in deep learning that facilitate more advanced language understanding. Traditional models such as recurrent neural networks (RNNs) and long short-term memory networks (LSTMs) form the basis of many NLP applications; however, these models often have difficulty capturing long-range dependencies and require sequential processing, limiting their efficiency and scalability.

The advancement was marked by the emergence of Transformer models in 2017, introduced by Vaswani and colleagues, who suggested an innovative architecture that relies exclusively on self-attention mechanisms (Vaswani et al., 2017, p. 1). In contrast to earlier models, Transformers analyze entire sequences at once, facilitating enhanced contextual

comprehension and markedly greater training efficiency. This shift in approach has not only allowed for the creation of exceptionally powerful language models but has also paved the way for numerous possibilities across various NLP applications.

Today, Transformer-based models such as BERT, GPT, RoBERTa, and T5 are at the forefront of NLP research and industry, powering applications from machine translation and text summarization to chatbots and question-answering systems. Their versatility and performance have revolutionized how machines interpret human language, making them a cornerstone of modern NLP technology.

This article aims to explore the diverse applications of Transformer models in NLP, showcasing how these architectures are shaping the future of language understanding and generation. By examining their strengths, limitations, and potential for further innovation, we can better appreciate their pivotal role in advancing artificial intelligence.

The Transformer architecture revolutionized NLP by replacing recurrent and convolutional models with a novel attention-based mechanism. It processes entire sequences simultaneously, enabling models to better capture contextual relationships, model long-range dependencies, and scale efficiently (Vaswani et al., 2017). Its core components are shown below:

Initially, at the core of the Transformer is the **attention mechanism**, which computes the relevance of each token in a sequence with respect to others. This is achieved through scaled dot-product attention, where the model calculates attention weights based on query, key, and value vectors derived from input embeddings. This mechanism allows the model to dynamically focus on relevant parts of the input when generating representations (Vaswani et al., 2017).

Secondly, to capture different aspects of relationships within the data, Transformers employ **multi-head attention**. Multiple attention "heads" operate in parallel, each learning to attend to different parts or features of the input. The outputs from these heads are concatenated and linearly transformed, providing a richer and more nuanced understanding of the sequence (Vaswani et al., 2017).

Finally, Transformers process tokens in parallel, they lack inherent order information. To address this, **positional encodings** are added to input embeddings. These encodings encode the position of each token within the sequence, enabling the model to distinguish between different word orders and understand language structure (Vaswani et al., 2017).

Transformers offer several significant advantages over traditional RNNs and CNNs:

Parallel Processing: Unlike RNNs, which process tokens sequentially, Transformers analyze entire sequences simultaneously. This parallelism drastically reduces training time and enables efficient scaling to large datasets (Vaswani et al., 2017).

Better Long-Range Dependency Modeling: Attention mechanisms allow Transformers to directly model relationships between distant tokens, overcoming the limitations of RNNs and LSTMs that struggle with long-term dependencies (Vaswani et al., 2017).

Scalability and Flexibility: The architecture can be scaled to enormous sizes, facilitating the development of powerful models like GPT and BERT that set new performance standards (Devlin et al., 2019; Radford et al., 2019).

Reduced Vanishing Gradient Problem: Unlike RNNs, Transformers do not rely on sequential data processing, which helps mitigate issues like vanishing gradients during training (Vaswani et al., 2017).

Applications of Transformer Models in NLP

Transformer models have fundamentally transformed the landscape of NLP by enabling systems to understand context more deeply, model long-range dependencies, and process large volumes of data efficiently. Their versatility has led to breakthroughs across a wide range of NLP tasks, impacting both research and real-world applications.

One of the most prominent applications of Transformer models is in **language modeling and text generation**. Large-scale models such as OpenAI's GPT (Generative Pre-trained Transformer) series and ChatGPT have demonstrated remarkable capabilities in generating human-like, coherent, and contextually relevant text. These models are pre-trained on massive datasets comprising books, articles, websites, and other text sources, allowing them to produce high-quality content across diverse topics.

For example, GPT-3, with 175 billion parameters, can write essays, produce creative stories, generate code, and simulate conversations, often indistinguishable from human writing (Brown et al., 2020). ChatGPT, built upon these models, has been widely adopted in customer support, tutoring, and content creation, showcasing the power of transformer-based language generation systems (Radford et al., 2019; Brown et al., 2020).

Transformers have significantly advanced the field of **machine translation**, replacing earlier RNN and CNN-based models with architectures that better capture contextual and semantic relationships across languages. The seminal paper by Vaswani et al. (2017) laid the foundation for most subsequent translation systems.

Modern implementations, such as Google's Transformer-based translation models integrated into Google Translate and open-source frameworks like Marian, produce translations that are more accurate, fluent, and context-aware. These systems excel at translating complex sentences, idiomatic expressions, and context-dependent phrases, which previously posed considerable challenges for traditional models (Vaswani et al., 2017; Wu et al., 2016).

Additionally, Transformers have become the backbone of state-of-the-art models for **text classification**, including sentiment analysis, topic detection, spam filtering, and more. Fine-tuning models like BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) on domain-specific datasets has resulted in high accuracy and robustness.

For example, in social media monitoring, transformers analyze tweets, posts, and reviews to assess public sentiment about brands, products, or political issues. Similarly, in customer service, they classify feedback as positive, negative, or neutral, enabling companies to quickly identify areas for improvement (Devlin et al., 2019; Sun et al., 2019).

BERT's ability to understand context bidirectionally—considering both left and right context—has made it particularly effective for nuanced sentiment detection and classification tasks.

On top of that, in domains like healthcare, legal, and financial services, extracting structured information from unstructured text is critical. Transformer models have achieved remarkable success in Named **Entity Recognition (NER)**, where they identify entities such as person names, organizations, dates, or domain-specific entities like chemical compounds or legal statutes.

In biomedical research, legal document analysis, and financial data processing, Transformers facilitate the extraction of structured information from vast amounts of unstructured text. For example, in biomedical NLP, models like BioBERT and SciBERT have been trained specifically on scientific literature to identify entities such as genes, proteins, and chemical compounds with high precision (Lee et al., 2020; Beltagy et al., 2019). Similarly, in legal and financial domains, transformer-based systems automate the extraction of relevant clauses, entities, and relationships, supporting decision-making and compliance processes (Chalkidis et al., 2020; Huang et al., 2020).

Transformer models such as BERT, RoBERTa, ALBERT, and XLNet have significantly advanced the field of **question answering (QA) and reading comprehension**. These systems are trained on large QA datasets, enabling them to understand context, extract relevant information, and generate precise answers.

For example, BERT-based QA systems are used in virtual assistants, search engines, and customer support to provide accurate, context-aware responses (Liu et al., 2019; Rajpurkar et al., 2016). Tasks like SQuAD (Stanford Question Answering Dataset) have set benchmarks where transformer models achieve human-level performance in extracting answers from documents (Rajpurkar et al., 2016).

Transformers power both extractive and abstractive **summarization** tasks, which involve condensing long documents into concise summaries or paraphrasing content with alternative expressions. They are used extensively in news aggregation, legal document review, scientific literature synthesis, and content creation.

Models like T5 (Text-to-Text Transfer Transformer) and BART (Bidirectional and Auto-Regressive Transformers) have shown state-of-the-art performance in summarization (Raffel et al., 2020; Lewis et al., 2020). These models generate summaries that preserve the core information while maintaining natural language fluency.

Paraphrasing models leverage transformers to rewrite sentences or entire paragraphs, supporting applications in language learning, data augmentation, and content rewriting. For example, they can help generate multiple variations of the same sentence to improve the robustness of NLP systems.

Transformers underpin the development of modern chatbots and virtual assistants, enabling them to handle multi-turn, context-aware conversations. These systems can interpret user inputs, maintain context over multiple exchanges, and generate natural responses.

Examples include customer support bots, personal assistants like Siri, Alexa, and Google Assistant, and specialized conversational agents in healthcare, education, and enterprise settings (Huang et al., 2020; Zhang et al., 2021). Advances like GPT-3 and ChatGPT have

pushed the boundaries, allowing for more human-like, engaging interactions and enabling applications such as mental health support, tutoring, and automated customer service.

While Transformer models have revolutionized NLP, they also present several challenges and limitations that need to be addressed for broader, responsible, and efficient deployment.

First reason may be computational resources and training costs. Transformers, especially large-scale models like GPT-3, require immense computational power for training. This entails extensive GPU or TPU resources, significant energy consumption, and high financial costs (Ai et al., 2021). Training such models can take weeks or months, making them inaccessible to many researchers and organizations with limited resources. Additionally, inference at scale can be resource-intensive, impacting real-time applications and deployment on edge devices (Schwartz et al., 2020).

Another one is related to data requirements. Transformer models demand vast amounts of high-quality, diverse data to perform optimally (Raffel et al., 2020). Gathering, curating, and annotating such datasets is labor-intensive and costly. Moreover, models trained on biased or incomplete data can produce suboptimal or even harmful outputs, emphasizing the importance of data quality and diversity (Bender et al., 2021).

On top of that, other reason is interpretability and explainability. Transformer models are often regarded as "black boxes" due to their highly complex architecture and multitude of parameters (Rudin, 2019). Understanding how they arrive at specific outputs is difficult, which hampers trust, debugging, and regulatory compliance. Developing interpretability techniques is essential for deploying these models in sensitive domains like healthcare, finance, and law (Vig & Kleinberg, 2020).

When it comes future models, As Transformer models continue to evolve, several promising directions are shaping the future of NLP:

The development of multilingual and cross-lingual models such as mBERT and XLM-R has demonstrated the potential for models to understand and generate multiple languages within a single framework (Devlin et al., 2019; Conneau et al., 2020). These models facilitate transfer learning across languages, especially benefiting low-resource languages, and promote linguistic inclusivity in NLP applications.

Addressing the scarcity of annotated data for many languages, researchers are exploring transfer learning, unsupervised learning, and data augmentation techniques to develop NLP systems for low-resource languages (Aharoni et al., 2019; Lauscher et al., 2020). These approaches aim to democratize NLP technology, making it accessible to a broader spectrum of languages and cultures.

Hybrid models that combine Transformers with architectures like CNNs or Graph Neural Networks (GNNs) are gaining attention (Yao et al., 2020; Zhang et al., 2021). These integrations aim to leverage the strengths of multiple approaches—for example, CNNs for local feature extraction or GNNs for structured data—enhancing model versatility and efficiency.

As NLP models grow in capability, ethical considerations such as fairness, bias mitigation, transparency, and privacy become increasingly critical (Bender & Friedman, 2018;

Mitchell et al., 2021). Researchers are focusing on developing explainability techniques and fairness-aware training procedures to ensure responsible AI deployment, especially in sensitive domains like healthcare, finance, and legal systems.

Conclusion

Transformer models have fundamentally transformed natural language processing by introducing an attention-based architecture that surpasses the limitations of traditional RNNs and CNNs. Their core components—attention mechanisms, multi-head attention, and positional encoding—enable models to process entire sequences efficiently, capture long-range dependencies, and scale to enormous sizes. This architectural innovation has led to remarkable advancements across various NLP tasks, including language modeling, machine translation, text classification, named entity recognition, question answering, summarization, and conversational AI.

The adoption of Transformer architectures has accelerated the development of highly capable language models like BERT, GPT, RoBERTa, and T5, which now set new performance standards in the field. These models have not only improved accuracy and fluency but also democratized access to sophisticated NLP tools across languages and domains. Their influence extends beyond academia to industry, powering applications that range from virtual assistants and translation systems to information extraction and sentiment analysis.

Despite their successes, Transformer models face challenges such as high computational costs, data requirements, bias propagation, and interpretability issues. Addressing these limitations is crucial for responsible deployment and wider accessibility. Looking ahead, emerging trends like multilingual models, low-resource language adaptation, hybrid architectures, and ethical AI practices promise to further enhance the capabilities and fairness of NLP systems. Continued innovation and careful stewardship will ensure that Transformer-based models remain a driving force in shaping the future of natural language understanding and generation.

References

1. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., ... & Polosukhin, I. (2017). *Attention is all you need*. Advances in Neural Information Processing Systems, 30, 5998-6008.
2. Devlin, J., Chang, M., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). *BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding*. Proceedings of NAACL-HLT.
3. Radford, A., Wu, J., Child, R., et al. (2019). *Language Models are Unsupervised Multitask Learners*. OpenAI.
4. Brown, T., Mann, B., Ryder, N., et al. (2020). Language Models are Few-Shot Learners. *NeurIPS*.
5. Wu, Y., Schuster, M., Chen, Z., et al. (2016). Google's Neural Machine Translation System: Bridging the Gap between Human and Machine Translation. *arXiv preprint arXiv:1609.08144*.

- 6.Sun, C., Qiu, X., Xu, Y., & Huang, X. (2019). Utilizing BERT for Aspect-Based Sentiment Analysis via Constructing Auxiliary Sentence. *EMNLP*.
- 7.Lee, J., Yoon, W., Kim, S., et al. (2020). BioBERT: a pre-trained biomedical language representation model for biomedical text mining. *Bioinformatics*.
- 8.Beltagy, I., Lo, K., & Cohan, A. (2019). SciBERT: Scientific BERT for Scientific Text. *EMNLP*.
- 9.Chalkidis, I., Fergadiotis, A., Malakasiotis, P., et al. (2020). LEGAL-BERT: The Muppets straight out of Law School. *Findings of EMNLP*.
- 10.Huang, K., Xu, W., & Yu, K. (2020). Legal Case Retrieval with Transformer-Based Deep Learning. *ACL*.
- 11.Liu, Y., He, P., Chen, W., et al. (2019). Gated Self-Attention for Question Answering. *ACL*.
- 12.Rajpurkar, P., Zhang, J., Lopyrev, K., & Liang, P. (2016). SQuAD: 100,000+ Questions for Machine Comprehension of Text. *EMNLP*.
- 13.Raffel, C., Shazeer, N., Roberts, A., et al. (2020). Exploring the Limits of Transfer Learning with a Unified Text-to-Text Transformer. *JMLR*.
- 14.Lewis, M., Liu, Y., Goyal, N., et al. (2020). BART: Denoising Sequence-to-Sequence Pre-training for Natural Language Generation, Translation, and Comprehension. *ACL*.

Xülasə

Transformer modelləri, ardıcıl məlumatların daha səmərəli işlənməsini təmin edən, uzunmüddətli əlaqələri tutmağa imkan verən və böyük məlumat bazalarına uyğunlaşa bilən yeni diqqət əsaslı arxitektura gətirdiyi yeniliklərlə Təbii Dil Emalı sahəsində inqilab etmişdir. Bu məqalədə, Transformer arxitekturasının əsas komponentləri, diqqət mexanizmləri, çoxbaşı diqqət və mövqe kodlamaları geniş şəkildə təqdim olunur və ənənəvi RNN və CNN-lərlə müqayisədə üstünlükləri vurğulanır. Həmçinin, bu modellərin dil modelləşdirmə, maşın tərcüməsi, mətn təsnifatı, obyektlərin tanınması, sual-cavab sistemləri, məqalə xülasəsi və dialoq əsaslı süni zəka kimi müxtəlif əsas NLP tapşırıqlarında tətbiqləri araşdırılır. Əlavə olaraq, hazırkı çağırışlar, hesablama xərcləri, məlumat tələbləri, interpretasiya məsələləri və bu problemlərin həllinə yönəlmiş yeni tendensiyalar müzakirə edilir. Ümumilikdə, Transformer modelləri NLP sahəsinə dərin təsir göstərmiş, yeni performans göstəriciləri müəyyən etmiş və dilin başa düşülməsi və yaradılması sahəsində gələcək innovasiyalara yol açmışdır.

Açar sözlər: Transformer modelləri, Təbii Dil Emalı , diqqət mexanizmit, modelləşdirmə, maşın tərcüməsi, mətn təsnifatı, obyektlərin tanınması, dialoq əsaslı süni zəka, dərin öyrənmə, NLP tətbiqləri, modelin miqyaslanması, etik süni zəka.

Резюме

Модели Transformer произвели революцию в области обработки естественного языка (ОНЯ), представив новую архитектуру на базе механизма внимания, которая обеспечивает более эффективную обработку последовательных данных, захват долгосрочных зависимостей и масштабируемость на большие объемы данных. В этой статье подробно рассматриваются основные компоненты архитектуры Transformer —

механизмы внимания, многоголовое внимание и позиционные кодировки — и их преимущества по сравнению с традиционными RNN и CNN. Также исследуются широкие области применения моделей Transformer в ключевых задачах ОНЯ, таких как языковое моделирование, машинный перевод, классификация текстов, распознавание именованных сущностей, системы вопрос-ответ, суммирование и диалоговый ИИ. В дополнение обсуждаются актуальные вызовы — вычислительные затраты, требования к данным, предвзятость и интерпретируемость — и рассматриваются новые тенденции, направленные на их преодоление. В целом, модели Transformer оказали глубокое влияние на развитие ОНЯ, установили новые стандарты эффективности и открыли перспективы для будущих инноваций в области понимания и генерации языка.

Ключевые слова: Модели Transformer, обработка естественного языка, механизм внимания, многоголовое внимание, языковое моделирование, машинный перевод, классификация текстов, распознавание именованных сущностей, системы вопрос-ответ, суммирование, диалоговый ИИ, глубокое обучение, приложения в ОНЯ, масштабируемость моделей, этичный ИИ.

HSK ÜZRƏ MİLLİ BAZANIN MICE METODU ƏSASINDA TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206245>

Lalə Qarayeva

karayevalala.01@gmail.com

Institute of Information Technology, Baku

Xülasə

Son dövrlərdə proqnozlaşdırma məsələlərinin həllində çevik avtomatlaşdırılmış, insan müdaxiləsi olmadan obyektiv nəticələrin alınması üçün maşın təlimi və süni intellekt metodlarının tətbiqinə geniş diqqət ayrılır. Maşın təlimi metodlarının tətbiqi ilk növbədə baxılan problemlə bağlı böyük həcmli, buraxılmış verilənləri (boşluqları) olmayan bazaların mövcudluğunu tələb edir. Lakin əksər bazalar, xüsusilə kliniki verilənlər bazaları belə boşluqlardan sığortalanmayıblar və bu boşluqların doldurulması üçün ekspert-mütəxəssislərin istinad etdiyi müxtəlif mürəkkəb prinsiplərə əsaslanan çoxlu sayda alqoritmlər istifadə edilir. Tədqiqatda hepatosellular karsinomanın (HSK) yayılmasının qarşısının alınması, onun ilkin diaqnozu və proqnozlaşdırılması üçün süni intellekt metodlarının tətbiqi üçün Kaggle platformasından götürülmüş HCC Dataset verilənlər bazasından istifadə etməklə maşın təlimi alqoritmləri tətbiq edilmişdir, kliniki verilənlərin analizində boşluqların doldurulması üçün MICE metodunun tətbiqinin daha məqsəduyğun olduğu göstərilmiş və onun riyazi əsasları təqdim edilmişdir. MICE alqoritmının tətbiqi ilə HSK üzrə milli bazadakı boşluqların doldurulması mərhələləri təqdim edilmiş, alınan nəticələrin HSK-nın maşın təlimi metodları əsasında proqnozlaşdırılması üçün böyük əhəmiyyətə malik olduğu göstərilmişdir.

Açar sözlər: hepatosellulyar karsinoma (HSK), verilənlər bazasındakı boşluqların doldurulması, MICE alqoritmı, HSK üzrə milli baza, HSK-nın proqnozlaşdırılması.

1. GİRİŞ

Xərçəng növlərindən biri olan HSK çoxlu sayda kliniki göstəricilər, əlamətlərlə təyin olunan kritiki vəziyyətlərlə özünü biruzə verir. Onun diaqnozu və proqnozlaşdırılması üçün dəqiq, birmənalı meyarlar mövcud deyil (Bayramov, N. Y.2012., Huang, D. Q., Tran, A., Tan. E.X., Nerurkar, S.N., Teh, R., Teng, M.L.P., Yeo, E.J., Zou, B., Wong, C., Esquivel, C.O., Bonham, C.A, Nguyen, M.H. 2022). HSK-nın kritiki vəziyyətlərinin müxtəlif tipli, strukturlaşdırılmamış, çoxsaylı göstəricilərlə xarakterizə olunması HSK-nın diaqnozu, proqnozlaşdırılması ilə bağlı qərarların qəbulunda həkim səhvlərinə səbəb olur (Jennifer, J. R., Brit, L,2017, Attia, B., Rehan, A.K., Ahsan, W.R. 2016). Nəticədə göstəriciləri xarakterizə edən kliniki əlamətlərin müəyyən kombinasiyaları ilə təyin edilən həkim qərarlarının qəbulunda xətlər qaçılmaz olur. Bu HSK-nın diaqnostikası və proqnozlaşdırılması üçün süni intellekt metodlarının tətbiqini, kliniki qərarların qəbuluna dəstək sistemlərinin yaranmasını şərtləndirir. Hazırda elmi ədəbiyyatda qaraciyər xəstəliklərinin aşkarlanması, diaqnostikası və müalicəsi üçün intellektual sistemlərin işlənilməsi istiqamətində tədqiqatlara rast gəlinir (Aman S., Babita P. (2016), Sartakhti J.S., Zangoeei M.H., Mozafari K. 2015)

Hazırkı məqalədə maşın təlimi alqoritmlərinə istinad etməklə qaraciyər xərçəngi kimi tanınan HSK-nın ilkin diaqnozu və proqnozlaşdırılması məsələsinin həlli imkanları araşdırılmış və maşın təlimi alqoritmləri əsasında verilənlərin analitik təhlili tam verilənlər toplusunun olmasını tələb edir (buraxılmış verilənləri – boşluqları olmayan), əksər bazalar isə, xüsusilə kliniki verilənlər bazaları belə boşluqlardan sığortalanmayıblar (Yuan Luo, Peter Szolovits, Anand S Dighe, and Jason M Baron. 2018, Li et al. 2024).

Tibbi tədqiqatlarda verilənlərin itirilməsini və verilənlər bazalarında çatışmayan

(buraxılmış) verilənlərin – boşluqların olmasını şərtləndirən səbəblər pasiyentlərin tədqiqatdan uzaqlaşması, onlarla əlaqənin itməsi, planlaşdırılmış həkim görüşmələrinin baş tutmaması, müayinə nəticələrinin dolğun şəkildə çatdırılmaması və s. ilə bağlı ola bilər (Heymans MW, Twisk JWR. 2022) Bazada buraxılmış verilənlərin olması maşın təlimi əsasında proqnozlaşdırmada testin dəqiqliyini azaldır və analitik məsələnin mürəkkəbliyini artırır, eyni zamanda statistik effektivliyi aşağı salır (Ayilara OF, Zhang L, Sajobi TT, Sawatzky R, Bohm E, Lix LM. 2019)

(Nijman S, Leeuwenberg AM, Beekers I, Verkouter I, Jacobs J, Bots ML, Asselbergs FW, Moons K, Debray T.,2022)-də 152 proqnozlaşdırma metodundan 56-sında boşluqların nəzərə alınmadığı göstərilir və qeyd edilir ki, tibdə proqnozlaşdırma məsələsinin həllinə belə yanaşma alınan nəticələrin doğruluğuna, etibarlılığına şübhə yaradır. Odur ki, bazadakı boşluqların doldurulmasına xüsusi diqqət ayrılması vacib məsələdir.

Kliniki analitik yanaşmalar adətən çatışmayan məlumatları “doldurmaq” üçün təxmin etmə prosedurunu tələb edir. Ənənəvi proqnozlaşdırmada bazadakı boşluqların doldurulması üçün uyğun sahə üzrə mütəxəssislərin rəylərinə istinad edilir və onlar bazadakı verilənlərin necə toplandığını yaxşı bildikləri üçün müvafiq düzəlişləri edə bilirlər. Lakin son dövrlərdə bazadakı boşluqların doldurulması üçün ekspert-mütəxəssislərin istinad etdiyi müxtəlif mürəkkəb prinsiplər əsasında yaradılmış alqoritmlərdən istifadə olunur [Nijman S, Leeuwenberg AM, Beekers I, Verkouter I, Jacobs J, Bots ML, Asselbergs FW, Moons K, Debray T. 2022, Emmanuel T, Maupong T, Mpoeleng D, Semong T, Mphago B, Tabona O. 2021).

2. Məsələnin qoyuluşu

Məqalənin məqsədi HSK üzrə milli verilənlər bazasındakı boşluqların doldurulması alqoritminin işlənilməsindən ibarətdir. Bu məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlərin həlli nəzərdə tutulur:

- HSK üzrə milli verilənlər bazasında boşluqların doldurulması üçün daha dəqiq və etibarlı nəticələr verən metodun seçilməsi;
- seçilmiş metod əsasında HSK üzrə milli verilənlər bazasında boşluqların doldurulması.

3. Məsələnin həlli

Tədqiqat mənbəyi olaraq Türkiyənin Malatya İnönü Universitetinin Qaraciyər Nəqli İnstitutu və Azərbaycan Tibb Universitetinin I cərrahi xəstəliklər departamentinin birgə fəaliyyəti əsasında yaradılmış HSK üzrə kliniki xəstələr haqqında verilənlər bazası (milli HCC Dataset) seçilmişdir. Verilənlər bazası 27 göstərici üzrə 556 kliniki xəstənin məlumatları əsasında formalaşdırılmışdır (şəkil 1) (bazadakı boşluqlar şəkil 1-də qırmızı halqalarla göstərilmişdir).

```
1 ilk100 = Td.head(100)
2
3 display(ilk100)
```

	Gender	Age	HBsAg	HCVAb	HBV	Varices	Spleno	PVT	Metastasis	Encephalopathy	...	Total_Bil	ALT	AST	GGT	ALP	Creatinine	Nodule	%
0	1	42.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	NaN	0.0	...	0.0	23.0	36.0	49.0	79.0	0.8	1.0	
1	1	67.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	...	0.5	55.0	111.0	478.0	423.0	1	4.0	
2	0	56.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	...	0.0	51.0	38.0	40.0	84.0	0.7	4.0	
3	1	60.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	NaN	0.0	...	0.51	39.0	37.0	114.0	112.0	1.2	2.0	
4	1	57.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0	0.0	...	1.44	32.0	40.0	128.0	117.0	0.77	2.0	
5	0	60.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1	0.0	...	0.93	72.0	75.0	252.0	222.0	0.62	4.0	
6	1	61.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	NaN	0.0	...	0.62	72.0	40.0	40.0	57.0	0.77	2.0	
7	1	75.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	NaN	0.0	...	0.8	39.0	41.0	207.0	167.0	0.83	1.0	

Şəkil 1. Azərbaycan Tibb Universitetinin I cərrahi xəstəliklər departamentində HSK üzrə kliniki xəstələr haqqında toplanmış verilənlər bazasından fraqment

Qeyd edək ki, bazadakı 556 yazıdan (row) yalnız 50 yazıda proqnoz nəticələr (0 (ölüm) və 1 (yaşayan) ibarət olan ikili dəyişən) göstərilmişdir. Bu baza əsasında kliniki xəstələrin vəziyyətinin proqnozlaşdırılması (yəni, hər bir yazı üzrə proqnoz nəticənin alınması) aşağıdakı mərhələlər üzrə yerinə yetirilir.

3.1. HSK üzrə toplanmış milli verilənlər bazasında boşluqların doldurulması metodunun seçilməsi və tətbiqi

3.1.1. Baxılan verilənlər bazasında bir-biri ilə əlaqəli olmayan müxtəlif tipli (object, int, float) verilənlərin olduğu müəyyənləşdirilmişdir (şəkil 2).

```
1 ilk50.info()

<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 50 entries, 0 to 49
Data columns (total 27 columns):
#   Column                Non-Null Count  Dtype
---  -
0   Gender                50 non-null    int64
1   Age                   50 non-null    float64
2   HBsAg                 45 non-null    float64
3   HCVAb                 45 non-null    float64
4   HIV                   45 non-null    float64
5   Varices               42 non-null    float64
6   Spleno                45 non-null    float64
7   PVT                   41 non-null    float64
8   Metastasis            18 non-null    object
9   Encephalopathy        45 non-null    float64
10  Ascites               48 non-null    float64
11  INR                   48 non-null    object
12  AFP                   49 non-null    object
13  Hemoglobin            50 non-null    object
14  Leucocytes            50 non-null    object
15  Platelets             50 non-null    float64
16  Albumin               49 non-null    object
17  Total_Bil             50 non-null    object
18  ALT                   50 non-null    float64
19  AST                   50 non-null    float64
20  GGT                   49 non-null    float64
21  ALP                   49 non-null    float64
22  Creatinine            49 non-null    object
23  Nodule                44 non-null    float64
24  Major_Dim             40 non-null    float64
25  Dir_Bil               50 non-null    object
26  Class                 0 non-null     object
dtypes: float64(16), int64(1), object(10)
memory usage: 10.7+ KB
```

Şəkil 2. Milli HCC Datasetində olan verilənlərin tipləri

Verilənlərin vahid formaya gətirilməsi üçün onların ilkin emalı həyata keçirilmiş, istifadəçinin müdaxiləsi ilə bazadakı müxtəlif tipli verilənlər eyni tipə (float) gətirilmişdir.

3.1.2. Şəkil 1 və 2-dən aydın görünür ki, milli HCC Datasetdə çoxlu sayda boşluqlar (NaN) var. Verilənlərdəki boşluqların (buraxılmış dəyərlərin) doldurulması üçün müxtəlif üsullar mövcuddur. Bunlara orta qiymətlə doldurma, ən yaxın qonşu metodu, boşluqların regresyon modelləşdirilməsi, EM-alqoritmi və digər yanaşmalar daxildir (Little RJA, Rubin DB. 2014). MICE alqoritmi (*ing. Multivariate Imputation by Chained Equations – Zəncirvari Tənliklər üzrə Çoxdəyişənli İmputasiya*) buraxılmış boşluqların qiymətləndirilməsi üçün statistik metodudur. Birincisi, MICE buraxılmış qiymətin qeyri-müəyyənliyini əks etdirmək üçün hər bir buraxılmış qiyməti bir neçə dəfə modelləşdirərək bir neçə müxtəlif tam verilənlər toplusunu generasiya edir. Sonra hər bir tam verilənlər toplusu eyni bir statistik metodla analiz olunur və nəhayət hər bir verilənlər toplusundan alınan nəticələr yekun proqnoz buraxılmış qiymətin alınması üçün aqreqatlaşdırılır. Boşluqların doldurulması üçün MICE müxtəlif alqoritmlər istifadə edə bilər. Kliniki tədqiqatlarda analitik təhlillər göstərir ki, boşluqların doldurulması üçün MICE metodunun tətbiqi daha dəqiq və etibarlı nəticələr alınmasına imkan yaradır (UstunkukluAbdullah Z. Alruhaymi, Charles J. Kim. 2021, Maritza Mera-Gaona1, Ursula Neumann, Rubiel Vargas-Canas, Diego M López 2021). Onun yaratdığı üstünlüklər

aşağıdakılarla təyin edilir:

- MICE çoxlu imputasiyalar yaratmaqla çatışmayan qiymətlərin yüksək nisbətində malik verilənlər dəstlərini idarə edə bilir ki, bu da onu natamam məlumatlarla işləmək üçün daha uyğun üsula çevirir;
- MICE verilənlər daxilində təbii dəyişkənliyi və əlaqələri qoruyub saxlayır, bu da daha dəqiq və etibarlı nəticələrin alınmasını təmin edir;
- MICE davamlı, kateqoriyalı və qarışıq məlumat növləri də daxil olmaqla müxtəlif növ məlumatlara tətbiq oluna bilər ki, bu da onu müxtəlif sahələrdə geniş şəkildə tətbiqinə zəmin yaradır;
- MICE çatışmayan məlumatlarla bağlı qeyri-müəyyənliyi nəzərə almağa imkan verir, bu da baş verə biləcək qərəzi azaldır;
- MICE çatışmayan verilənləri düzgün “doldurmaqla” maşın öyrənmə modellərinin performansını və proqnozlaşdırıcı gücünü təkmilləşdirir.

Bütün bunlarla yanaşı MICE-in tətbiqi və sazlanması mürəkkəbdir, bu metodu yaxşı başa düşməyi tələb edir ki, bu da təcrübəsi az olan praktiklər üçün maneə ola bilər. Digər tərəfdən, MICE MAR tipli boşluqların doldurulması üçün daha yaxşı nəticələr verir.

MICE metodunun reallaşdırılması alqoritmi

Boşluqların doldurulması üçün istifadə edilən MICE metodunun riyazi modeli aşağıdakı əməliyyatların ardıcıl olaraq reallaşmasına əsaslanır.

Verilənlər toplusu və çatışmayan qiymətlər: Tutaq ki, verilənlər dəstimiz aşağıdakı sütunlardan ibarətdir:

$X = \{X_1, X_2, \dots, X_p\} = \{X_i, i = \overline{1, p}\}$ – müşahidə olunan sütunlar:

$Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_m\} = \{Y_j, j = \overline{1, m}\}$ – boşluqları olan sütunlar:

Burada p – müşahidə olunan sütunların sayını, m – isə boşluqları olan sütunların sayını göstərir.

Modelin yaradılması: Hər bir çatışmayan qiymətin “doldurulması” üçün bütün müşahidə olunan sütunlardan istifadə edilir və çatışmayan qiyməti olan sütun üçün aşağıdakı model qurulur:

$$Y_j \approx f(X_i, i = \overline{1, p}) \quad (1)$$

Bu model, Y_j sütunundakı verilənlərin qiymətlərini digər sütunlardakı qiymətlər əsasında proqnozlaşdırır. Burada f – müxtəlif statistika metodlarını, məsələn, xətti reqressiya, logistik reqressiya və s. modelləri ifadədir. Hər bir model verilənlərin strukturuna və məqsədinə uyğun olaraq seçilir. MICE metodu çatışmayan qiymətləri doldurmaq üçün bu modelləri birləşdirir və iterativ olaraq daha dəqiq nəticələr əldə etməyə imkan yaradır.

Ehtimallar: Model yaradıldıqdan sonra çatışmayan qiymətlər üçün bir təxmin edilir:

$$\overline{Y_j} = f(X_i, i = \overline{1, p}) \quad (2)$$

Bu addımda, çatışmayan qiyməti olan Y_j sütunu üçün daha əvvəl qurulan modeldən istifadə olunur.

Doldurma prosesi: Təxmin edilən qiymətlər orijinal bazadakı (OB) çatışmayan qiymətlərlə əvəz olunur:

$$OB[Y_j] = \overline{Y_j}.$$

Hər bir çatışmayan veriləni olan sütun üçün eyni prinsip tətbiq olunur.

Iterativ doldurma: Bu proses bütün çatışmayan veriləni olan sütunlar üçün təkrarlanır və hər yeni iterasiyada, əvvəlki iterasiyadan əldə olunan nəticələr istifadə edilir:

İterativ yanaşma hər təkrarda əvvəlki mərhələdə doldurulmuş boşluq qiymətlərini nəzərə almaqla dəqiqliyi artırır. Bu təkrarlanma (iterasiya) MICE metodunda çox vacibdir məqamdır, çünki çatışmayan qiymətlər bir dəfə deyil, bir neçə dəfə proqnozlaşdırılır və doldurulur. Bu da hər bir iterasiyada modelin daha yaxşılaşmasına və nəticədə daha doğru məlumat dəstinin əldə olunmasına səbəb olur.

$$Y_j = Y_{j-1} \cup \{\bar{Y}_j, j = \overline{1, p}\}$$

İterasiyalar nəticəsində Y_j tədricən tamlanaraq daha dəqiq qiymətlərlə doldurulur. Burada:

- Y_{j-1} – j -dən əvvəlki iterasiyada, yəni $j-1$ -ci iterasiyada doldurulmuş məlumat dəstidir. Hər yeni iterasiyada əvvəlki mərhələdəki nəticələrdən istifadə olunur və onlar əsasında yenidən təxminlər aparılır.
- $\bar{Y}_j$ – j iterasiyada çatışmayan müəyyən bir verilən üçün təxmin edilmiş qiyməti göstərir.
- $\cup$ – birləşdirmə işarəsidir və burada Y_{j-1} -də olan məlumat dəsti ilə yeni təxmin edilmiş $\bar{Y}_j$ dəyərinin birləşdirilməsini göstərir. Hər iterasiyada əvvəlki doldurulmuş məlumat dəsti yenilənir və yeni təxminlər əlavə edilir.

Analiz və nəticələrin birləşdirilməsi: Son mərhələdə, bütün tamamlanmış verilənlər dəstlərindəki analitik nəticələr birləşdirilir:

$$\bar{R} = \frac{1}{G} \sum_{g=1}^G \bar{R}^g.$$

Burada $\bar{R}^g$ hər bir g -ci tamamlanmış verilənlər dəstindəki analitik nəticələri ifadə edir. Bu düstur, çatışmayan qiymətlərin doldurulması prosesinin nəticələrinin orta qiymətini ifadə edir.

Nəticələrin etibarlılığı. Bu yanaşma, analitik nəticələrin etibarlılığını artırır, çünki hər bir iterasiyada çatışmayan qiymətlərin daha dəqiq olması üçün proqnozlar (təxminlər) edilir. Prosesin sonunda buraxılmış qiymətləri artıq tam olaraq doldurulmuş real baza əldə edilir ki, bu da sonrakı statistik analizlər, proqnozlaşdırma üçün etibarlı verilənlər toplusu təqdim edir.

Tədqiqat mənbəyi olaraq seçilmiş HSK üzrə kliniki xəstələr haqqında verilənlər bazası (milli HCC Dataset) Türkiyənin Malatya İnönü Universitetinin Qaraciyər Nəqli İnstitutu və Azərbaycan Tibb Universitetinin I cərrahi xəstəliklər departamentinin birgə fəaliyyəti əsasında yaradılmışdır. Verilənlər bazası 27 göstərici üzrə 556 kliniki xəstənin məlumatları əsasında formalaşdırılmışdır (şəkil 3) (bazadakı boşluqlar şəkil 1-də qırmızı halqalarla göstərilmişdir).

```
1 ilk100 = Tb.head(50)
2
3 display(ilk100)
```

	Gender	Age	HBsAg	HCVAb	HIV	Varices	Spleno	PVT	Metastasis	Encephalopathy	Total_Bil	ALT	AST	GGT	ALP	Creatinine	Nodule	n
0	1	42.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	NaN	0.0	0.6	23.0	36.0	49.0	79.0	0.8	1.0	
1	1	67.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.5	58.0	111.0	478.0	423.0		1	4.0
2	0	56.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.6	51.0	38.0	40.0	84.0	0.7	4.0	
3	1	50.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	NaN	0.0	0.51	39.0	37.0	114.0	112.0	1.2	2.0	
4	1	57.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0	0.0	1.44	32.0	49.0	128.0	117.0	0.77	2.0	
5	0	60.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1	0.0	0.93	72.0	75.0	252.0	222.0	0.62	4.0	
6	1	61.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	NaN	0.0	0.62	72.0	40.0	46.0	57.0	0.77	2.0	
7	1	75.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	NaN	0.0	0.8	39.0	41.0	207.0	167.0	0.83	1.0	

Şəkil 3. Azərbaycan Tibb Universitetinin I cərrahi xəstəliklər departamentində HSK üzrə kliniki xəstələr haqqında toplanmış verilənlər bazasından fraqment

Qeyd edək ki, bazadakı 556 yazıdan (row) yalnız 50 yazıda proqnoz nəticələr (0 (ölüm) və 1 (yaşayan) ibarət olan ikili dəyişən) göstərilmişdir. Bu baza əsasında kliniki xəstələrin

vəziyyətinin proqnozlaşdırılması (yəni, hər bir yazı üzrə proqnoz nəticənin alınması) ilk növbədə buradakı boşluqların doldurulmasını tələb edir və boşluqların doldurulması mərhələləri aşağıdakı addımlarla yerinə yetirilir.

I mərhələ. Baxılan verilənlər bazasında bir-biri ilə əlaqəli olmayan müxtəlif tipli (object, int, float) verilənlər müəyyənləşdirilir (şəkil 4).

```
1 ilk50.info()

<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 50 entries, 0 to 49
Data columns (total 27 columns):
#   Column                Non-Null Count  Dtype  
---  -
0   Gender                 50 non-null     int64  
1   Age                   50 non-null     float64
2   HBSAg                 45 non-null     float64
3   HCVAb                 45 non-null     float64
4   HIV                   45 non-null     float64
5   Varices               42 non-null     float64
6   Spleno                45 non-null     float64
7   PVT                   41 non-null     float64
8   Metastasis            18 non-null     object  
9   Encephalopathy        45 non-null     float64
10  Ascites               48 non-null     float64
11  INR                   48 non-null     object  
12  AFP                   49 non-null     object  
13  Hemoglobin            50 non-null     object  
14  Leucocytes            50 non-null     object  
15  Platelets             50 non-null     float64
16  Albumin               49 non-null     object  
17  Total_Bil             50 non-null     object  
18  ALT                   50 non-null     float64
19  AST                   50 non-null     float64
20  GGT                   49 non-null     float64
21  ALP                   49 non-null     float64
22  Creatinine            49 non-null     object  
23  Nodule                44 non-null     float64
24  Major_Dim            40 non-null     float64
25  Dir_Bil              50 non-null     object  
26  Class                 0 non-null      object  
dtypes: float64(16), int64(1), object(10)
memory usage: 10.7+ KB
```

Şəkil 4. Milli HCC Datasetində olan verilənlərin tipləri

Verilənlərin vahid formaya gətirilməsi üçün onların ilkin emalı həyata keçirilir, istifadəçinin müdaxiləsi ilə bazadakı müxtəlif tipli verilənlər eyni tipə (float) gətirilir.

II mərhələ. MICE alqoritmi ilə boşluqların doldurulması üçün boşluqların olduğu sütunların adları kodlaşdırılaraq proqrama daxil edilmir (şəkil 5).

```
1 import statsmodels.imputation.mice as mice
2 #from sklearn.impute import IterativeImputer

1 from sklearn.experimental import enable_iterative_imputer
2 from sklearn.impute import IterativeImputer

1 eksik_sutunlar = ["Varices", "PVT", "Metastasis", "Encephalopathy", "INR", "AFP", "Leucocytes", "Hemoglobin", "Platelets", "Albumin",
2                  "Total_Bil", "Creatinine", "Nodule", "Major_Dim", "Dir_Bil"]
3
4 mice = IterativeImputer()
5 ilk50_doldurulmus = mice.fit_transform(ilk50[eksik_sutunlar])
```

Şəkil 5. MICE alqoritminin tətbiqi üçün bazadakı boşluqların olduğu sütunların kodlaşdırılması

Kodlaşdırma əsasında MICE metodunun həll alqoritminə uyğun olaraq boşluqların olduğu sütunlar, məsələn “Varices” sütununun (1) düsturuna uyğun modeli qurulur:

$$Varices_g \approx f(Age_g, Gender_g, HBsAg_g, HCVAb_g, HIV_g, \dots).$$

Növbəti mərhələdə bu sütundakı boşluqlara doldurulacaq qiymətlərin təxminlərinə görə sütunun (2) düsturu əsasında yeni modeli qurulur:

$$\overline{Varices}_g = \hat{f}(Age_g, Gender_g, HBsAg_g, HCVAb_g, HIV_g, \dots).$$

“Varices” sütununda təxmin edilən qiymətlər milli bazadakı müvafiq çatışmayan qiymətlərlə əvəz olunur və əməliyyat növbəti çatışmayan veriləni olan sütun üçün təkrarlanır. Şəkil 3-dən göründüyü kimi, bu milli bazadakı “PVT” sütunudur və onun modeli aşağıdakı kimidir:

$$PVT_g \approx f(Age_g, Gender_g, HBsAg_g, HCVAb_g, HIV_g, \dots).$$

Bu sütundakı boşluqlara doldurulacaq qiymətlərin təxminlərinə görə sütunun (2) düsturu əsasında aşağıdakı yeni model qurulur:

$$\overline{PVT_g} = \hat{f}(Age_g, Gender_g, HBsAg_g, HCVAb_g, HIV_g, \dots).$$

Beləliklə, hər bir çatışmayan veriləni olan sütun üçün eyni prinsip tətbiq olunur və hər iterasiyada, əvvəlki iterasiyadan əldə olunan nəticələr nəzərə alınır.

III mərhələ. MICE alqoritmının tətbiqi ilə milli HCC Datasetdəki boşluqların doldurulmasından sonrakı təsviri şəkil 6-də verilmişdir.

	Gender	Age	HBsAg	HCVAb	HIV	Varices	Splenio	PVT	Metastasis	Encephalopathy	...	Total_Bil	ALT	AST	GGT	ALP	Creatinine	Nodu
0	1	42.0	1.0	0.0	0.0	1.000000	1.0	1.000000	0.271354	0.000000	...	0.60	23.0	36.0	49.0	79.0	0.800000	1.000001
1	1	67.0	0.0	0.0	0.0	0.000000	0.0	0.000000	0.000000	0.000000	...	0.50	50.0	111.0	470.0	423.0	1.000000	4.000001
2	0	56.0	0.0	0.0	0.0	0.000000	0.0	0.000000	0.000000	0.000000	...	0.60	51.0	38.0	40.0	84.0	0.700000	4.000001
3	1	60.0	1.0	0.0	0.0	1.000000	0.0	0.000000	0.283041	0.000000	...	0.51	39.0	37.0	114.0	112.0	1.200000	2.000001
4	1	57.0	1.0	0.0	0.0	1.000000	0.0	0.000000	0.000000	0.000000	...	1.44	32.0	49.0	128.0	117.0	0.770000	2.000001
5	0	60.0	1.0	0.0	0.0	1.000000	0.0	0.000000	1.000000	0.000000	...	0.93	72.0	75.0	252.0	222.0	0.620000	4.000001
6	1	61.0	1.0	0.0	0.0	1.000000	1.0	0.000000	0.252001	0.000000	...	0.62	72.0	40.0	46.0	57.0	0.770000	2.000001
7	1	75.0	1.0	0.0	0.0	1.000000	0.0	0.000000	0.436206	0.000000	...	0.80	39.0	41.0	207.0	167.0	0.830000	1.000001

Şəkil 6. MICE alqoritmının tətbiqi ilə boşluqların doldurulmasından sonra milli HCC Datasetindən bir fraqmentin təsviri

Beləliklə, MICE metodunun tətbiqi ilə HCC Datasetdəki boşluqların doldurulması bir daha bu metodun paraktiki məsələlərin həllində reallaşdırılması imkanını göstərir. Baxılan halda alınan nəticənin effektivliyi HSK üzrə milli bazadakı boşluqların aradan qaldırılmasına nail olunmasıdır ki, bu da maşın təlimi alqoritmləri əsasında proqnozlaşdırma məsələsinin həllinə imkan yaradır.

4. Nəticə

Kliniki verilənlərin analitik təhlilində daha etibarlı və dəqiq nəticələrin alınmasını şərtləndirən məqamlardan biri bazada boşluqların olmamasıdır. Bazalarda boşluqların mövcudluğu verilənlərin analitik təhlilində, maşın təlimi metodları əsasında proqnozlaşdırılması məsələsinin həllində problem yaradır, nəticənin dəqiqliyinə mane olur. Odur ki, boşluqların doldurulması üçün kliniki bazalarda boşluqların doldurulması üçün daha məqsədəuyğun hesab edilən MICE alqoritmının riyazi əsasları yerinə yetirilən əməliyyatlar ardıcılığına uyğun şəkildə təqdim edilmişdir. MICE alqoritmının tətbiqi imkanını əyani göstərmək üçün 27 göstərici üzrə 556 kliniki xəstənin məlumatları əsasında formalaşdırılmış HSK üzrə milli baza tədqiqat obyektini kimi seçilmiş, bazadakı boşluqların doldurulması proqram prosedurlarına uyğun mərhələlərlə təqdim edilmişdir. Tədqiqatdan alınan nəticənin səmərəliliyi HSK üzrə təkmilləşmiş milli bazanın formalaşdırılması və HSK-nın maşın təlimi metodlarının tətbiqi ilə proqnozlaşdırılması imkanının yaradılması ilə ilə təyin edilir. Kliniki praktikada bu tip məsələlərin həlli müvafiq sahədə daha çevik və elmi əsaslandırılmış tibbi qərarların qəbulu, tibbi xidmətin keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması üçün zəruridir və müəlliflərin perspektiv tədqiqat istiqamətlərindəndir.

Ədəbiyyat

1. Bayramov, N. Y.: In book: Surgical diseases of the liver. Baku: Qismet, 2012.
2. Jennifer, J. R., Brit, L.: Suffering in Silence: Medical Error and its Impact on Health Care Providers The Journal of Emergency Medicine, 54(4), 402–409 (2017).<https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2017.12.001>.
3. Jennifer, J. R., Brit, L.: Suffering in Silence: Medical Error and its Impact on Health Care Providers. The Journal of Emergency Medicine, 54(4), 402–409 (2017).
4. Attia, B., Rehan, A.K., Ahsan, W.R.: Medical errors: causes, consequences, emotional response and resulting behavioral change. Pakistan Journal of Medical Sciences, 32(3), 523–528 (2016).
5. Aman S., Babita P. An Efficient Diagnosis System for Detection of Liver Disease Using a Novel Integrated Method Based on Principal Component Analysis and K-Nearest Neighbor (PCA-KNN) // International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics, 2016, vol.11, no.4, pp.56–61.
6. Sartakhti J.S., Zangooei M.H., Mozafari K. Hepatitis disease diagnosis using a novel hybrid method based on support vector machine and simulated annealing (SVM-SA) // Computer Methods and Programs in Biomedicine, 2015, vol.108, no.2, pp.570–579.
7. Yuan Luo, Peter Szolovits, Anand S Dighe, and Jason M Baron. 3D-MICE: integration of cross-sectional and longitudinal imputation for multi-analyte longitudinal clinical data. Journal of the American Medical Informatics Association, 25(6), 2018, 645–653 doi: 10.1093/jamia/ocx133
8. Li et al. Comparison of the effects of imputation methods for missing data in predictive modelling of cohort study datasets. BMC Medical Research Methodology (2024) 24:41 <https://doi.org/10.1186/s12874-024-02173-x>
9. Heymans MW, Twisk JWR. Handling missing data in clinical research. J Clin Epidemiol. 2022;151:185–8.
10. Ayilara OF, Zhang L, Sajobi TT, Sawatzky R, Bohm E, Lix LM. Impact of missing data on bias and precision when estimating change in patient-reported outcomes from a clinical registry. Health Qual Life Outcomes. 2019;17(1):106.
11. Nijman S, Leeuwenberg AM, Beekers I, Verkouter I, Jacobs J, Bots ML, Asselbergs FW, Moons K, Debray T. Missing data is poorly handled and reported in prediction model studies using machine learning: a literature review. J Clin Epidemiol. 2022;142:218–29.
12. Emmanuel T, Maupong T, Mpoeleng D, Semong T, Mphago B, Tabona O. A survey on missing data in machine learning. J Big Data. 2021;8(1):140.
13. www.kaggle.com

Abstract

Recently, wide attention has been paid to the application of machine learning and artificial intelligence methods to achieve objective results in the solution of forecasting problems in a flexible automated manner without human intervention. The application of machine learning methods primarily requires the presence of large-scale databases with no missing data (values) related to the problem under consideration. However, most databases, particularly clinical databases, are not insured against such missing values, and a large number of algorithms based on various complex principles referred to by experts are used to fill these missing values. In this study, machine learning algorithms were applied to the HCC Dataset obtained from the Kaggle platform in order to implement artificial intelligence techniques for the prevention, early diagnosis, and prediction of hepatocellular carcinoma (HCC), shows that the application of the MICE method is more

appropriate for imputing these missing values in the analysis of clinical data, and presents its mathematical foundations. It also presents the imputation stages in the national database on hepatocellular carcinoma (HCC) using the MICE algorithm, and shows the results achieved to be of great importance for predicting HCC based on machine learning methods.

Keywords: hepatocellular carcinoma (HCC), imputation of missing data in the dataset, MICE algorithm, national database on HCC, prediction of HCC.

Аннотация

В последнее время большое внимание уделяется применению методов машинного обучения и искусственного интеллекта для получения объективных результатов гибким, автоматизированным способом без вмешательства человека при решении задач прогнозирования. Применение методов машинного обучения в первую очередь требует наличия больших, полных баз данных, не содержащих пропущенных данных (пробелов), относящихся к рассматриваемой проблеме. Однако большинство баз данных, особенно клинические базы данных, не застрахованы от подобных уязвимостей.

И для заполнения этих пробелов используется большое количество алгоритмов, основанных на различных сложных принципах, на которые ссылаются эксперты. В исследовании применялись алгоритмы машинного обучения с использованием базы данных HCC Dataset, взятой с платформы Kaggle, для применения методов искусственного интеллекта для профилактики, ранней диагностики и прогнозирования распространения гепатоцеллюлярной карциномы (ГЦК). Было показано, что применение метода MICE более целесообразно для заполнения пробелов в анализе клинических данных, и представлены его математические основы. Представлены этапы заполнения пробелов в национальной базе данных по гепатоцеллюлярной карциноме (ГЦК) с использованием алгоритма MICE и показано, что полученные результаты имеют большое значение для прогнозирования ГЦК на основе методов машинного обучения

Ключевые слова: гепатоцеллюлярная карцинома, заполнение пропущенных данных в базе данных, национальная база данных по ГЦК, прогнозирование ГЦК.

LOW HARMONIC, HIGH PERFORMANCE: A NOVEL SC-BASED MULTILEVEL INVERTER

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206256>

Murat KARAKILIÇ

muratkarakilicigdir@edu.tr

Orcid id-000-0001-5323-2583

Iğdır Universiteti

Cavanşir ZEYNALOV

cavansirzeynalov@ndu.edu.az

Orcid id-0009-0002-4985-6371

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Abstract

In electric vehicles (EVs), single DC bus applications, and photovoltaic (PV) arrays, the need for voltage boosting without bulky and heavy magnetic DC-DC converters has highlighted the advantages of switched-capacitor (SC) structures. SC-based multilevel inverters (MLIs) address this limitation effectively by utilizing high power-density capacitors with fast charge-discharge capabilities. In this study, a novel single-source 13-level SC-MLI topology with a voltage gain of $3\times$ is proposed. To validate the performance of the proposed topology, the main circuit was simulated under different switching frequencies and modulation index values using the same control method. The results showed consistent performance across all conditions. Additionally, thermal analysis was carried out using a simulation model developed in PLECS software, and both electrical and thermal evaluations demonstrated an efficiency exceeding 95%.

Keywords: Multilevel inverters (MLIs), switched capacitor (SC), boost inverter, self-charge balancing

Introduction

In recent years, the growing demand for renewable energy systems, the integration of high-power-density batteries, and the pursuit of higher efficiency in power electronics applications have significantly increased the interest in multilevel inverters (MLIs) [1], [2]. MLIs offer several advantages over conventional two-level inverters, such as reduced voltage stress on power switches, improved output voltage waveform quality, lower electromagnetic interference (EMI), and enhanced total harmonic distortion (THD) performance [3], [4]. These features make MLIs particularly suitable for various high-performance applications, including electric vehicles (EVs), high-frequency AC power distribution systems (HFACPD), microgrids, renewable energy conversion, and charging infrastructures [5].

Conventional MLI topologies, including the Cascaded H-Bridge (CHB) [6], Neutral Point Clamped (NPC) [7], and Flying Capacitor (FC) [8], require a large number of semiconductor devices and/or multiple isolated DC voltage sources. This results in increased cost, complexity, and size, along with demanding

voltage balancing or control strategies [9]. Especially in high-voltage and high-level applications, these limitations become more pronounced.

Switched-Capacitor (SC) based multilevel inverters have recently emerged as promising alternatives, owing to their compact structure, inductorless voltage boosting capability, and self-voltage balancing properties [10]. SC-MLIs utilize the series-parallel configuration of capacitors to achieve voltage boosting without the need for bulky magnetic components or transformers. This enables a reduction in both physical volume and system cost, while maintaining the desired voltage levels. Moreover, the self-balancing characteristic of capacitors eliminates the need for complex balancing circuits required in FC topologies [11].

In recent literature, SC-MLI topologies are generally categorized based on three major parameters: the number of input sources (single or multiple), voltage boosting ratio, and the number of output voltage levels [12], [13]. Many reported designs achieve high power density by optimizing these parameters. Although several SC-MLIs are capable of generating bipolar voltage levels without H-bridge circuits, a considerable number still require additional DC sources or switching elements, which impacts system cost and complexity [14].

This paper proposes a novel single-source 13-level SC-based MLI topology that significantly reduces the number of power components without compromising output performance. The proposed topology synthesizes 13 output voltage levels using only 11 switches, 3 capacitors, and 3 diodes. The proposed SC-MLI also benefits from a simple modulation strategy and a naturally balanced capacitor voltage profile, making it attractive for integration into high-voltage and space-constrained power conversion systems.

1. Proposed SC-MLI Topology

The proposed switched-capacitor multilevel inverter (SC-MLI) topology is illustrated in Figure 1. The main circuit consists of a single DC voltage source, 10 power switches (H_1 – H_4 , S_1 – S_5 , and S_1'), 3 capacitors (C_1 , C_2 , and C_3), and 3 discrete diodes (D_1 , D_2 , and D_3). With only one DC input, the inverter is capable of generating 13 distinct output voltage levels, utilizing switched-capacitor voltage boosting to achieve a total gain of $3\times$. Under different switching configurations, the single DC source alternately transfers energy to the load and to the capacitors. Capacitor C_1 is charged directly to the full DC input voltage, while C_2 and C_3 are charged in a shared configuration, each reaching half of the source voltage. As a result, the capacitor voltages are $V_{C1} = V_{DC}$, $V_{C2} = 0.5V_{DC}$, and $V_{C3} = 0.5V_{DC}$, enabling the inverter to produce output voltages that are three times the input voltage. Here, V_{DC} denotes the voltage amplitude of the input power source connected to the circuit.

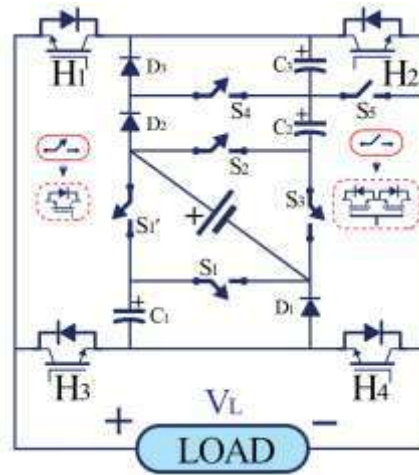


Figure 1 Proposed topology of the SC-MLI

Figure 2 illustrates the load current and capacitor charging currents for positive, negative, and zero output voltage levels. In the figure, capacitor discharge paths (load current paths) are highlighted in red, while capacitor charging paths are shown in green, corresponding to different switching states. As seen in Figure 2, the proposed SC-MLI topology can synthesize 13 output voltage levels by connecting the charged capacitors in various series configurations using only a single DC source.

The detailed switching states and the corresponding charging/discharging conditions of the capacitors are presented in Table 1. Since switches S_1 and S_1' operate in complementary (inverse) mode, only the state of S_1 is included in the table for simplification. Additionally, the table uses specific symbols to indicate the condition of each capacitor in a given switching state:

- ▲ indicates that the capacitor is charging,
- ▼ indicates discharging,
- — indicates no current flow or no effect on the capacitor.

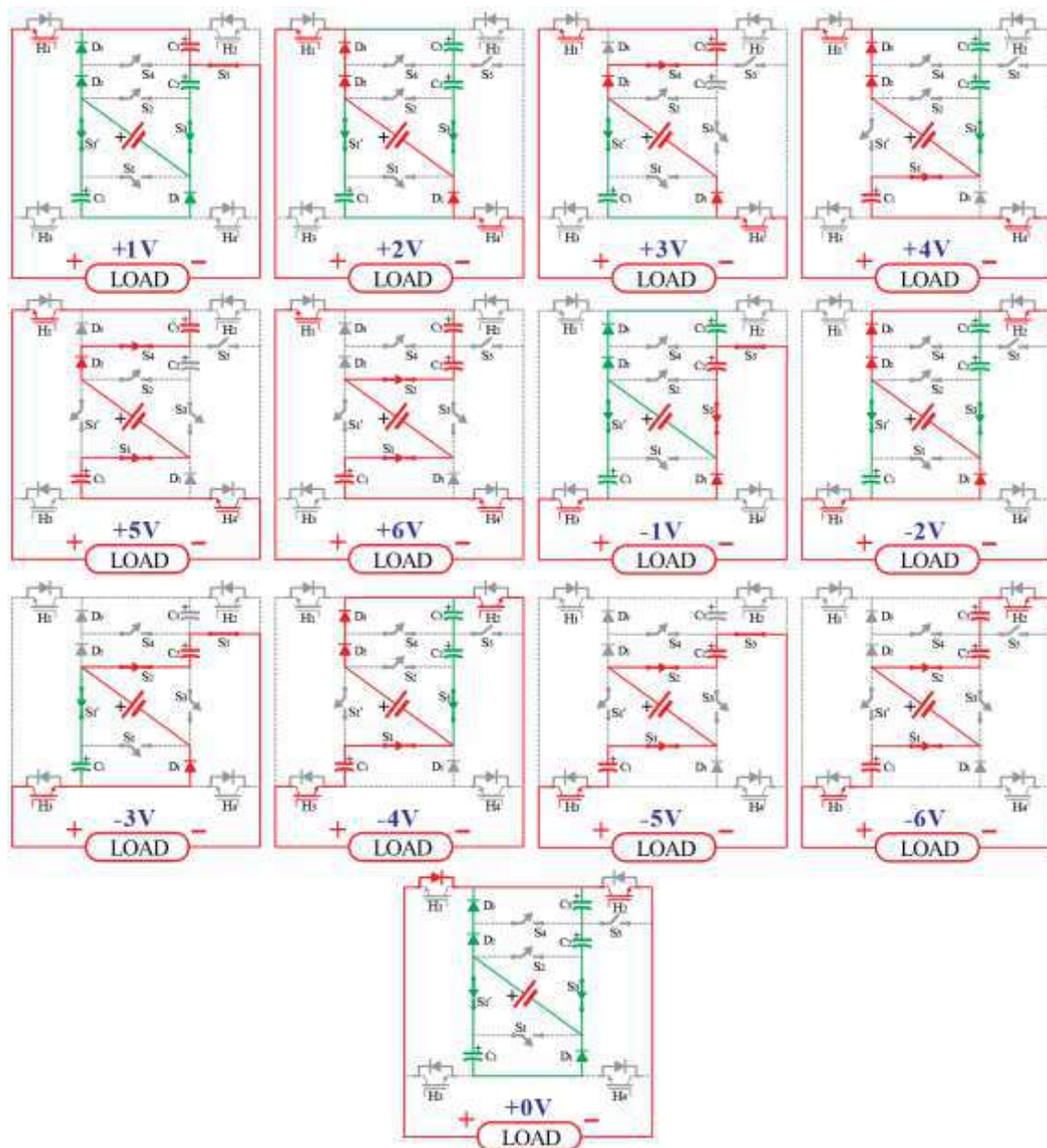


Figure 2 Operating modes for all output voltage levels

Table 1 Switching Pattern and Capacitor Effects

[S ₄ S ₃ S ₂ S ₁ - S ₁ S ₂ S ₃ S ₄]		V _L	[C ₁ C ₂ C ₃]	[D ₁ D ₂ D ₃]
States of the Switches	[1001-11000]	+6	▼▼▼	[000]
	[1001-10010]	+5	▼=▼	[010]
	[1001-10100]	+4	▼▲	[011]
	[1001-00010]	+3	▲=▼	[110]
	[1001-00100]	+2	▲▲	[111]
	[0001-00101]	+1	▲▲	[111]
	[0011-00100]	+0	▲▲	[111]
	[0100-00101]	-1	▲▲	[111]
	[0110-00100]	-2	▲▲	[111]
	[0100-01001]	-3	▲▼	[100]
	[0110-10100]	-4	▼▲	[011]
	[0100-11001]	-5	▼▼	[000]
	[0110-11000]	-6	▼▼▼	[000]
	▲ Charging ▼ Discharging = No Effect			

When the input voltage source is set to $2V_{DC}$, the capacitors are charged as follows: $V_{C1} = 2V_{DC}$, $V_{C2} = V_{DC}$, and $V_{C3} = V_{DC}$. The operating modes corresponding to Figure 2 and Table 1 are summarized below. Since the positive and negative polarities of symmetric levels share the same capacitor combinations, only distinct configurations are described separately for each unique path.

1. $V_L = 0$: This zero level can be generated via two different current paths using either switches H1-H2 or H3-H4. During this mode, C1 is charged via S1', while C2 and C3 are charged through S3.
2. $V_L = +V_{DC}$: Output current flows through C3 via switches H1 and S5 ($I_{C3} = I_L$). C1 and C2 continue charging through S1' and S3, respectively, while C3 is both charging and discharging.
3. $V_L = -V_{DC}$: Output current flows through C2 via switches H3 and S5 ($I_{C2} = I_L$). Meanwhile, C1 charges through S1' and C3 through S3.
4. $V_L = \pm 2V_{DC}$: In both polarities, current flows directly from the DC source through D1-D3 and switches (H1-H4 for $+2V_{DC}$, H2-H3 for $-2V_{DC}$). All capacitors charge in this state.
5. $V_L = +3V_{DC}$: DC source and C3 are connected in series via D1, D2, and switches H1, H4, and S4. C3 discharges, while C2 is idle due to S3 being OFF. C1 continues charging via S1'.
6. $V_L = -3V_{DC}$: Similar to $+3V_{DC}$, but with C2 in series with the source. Active path: D1, H3, S2, and S5. C2 discharges, C3 is idle (S3 OFF), and C1 charges via S1'.
7. $V_L = \pm 4V_{DC}$: The DC source and C1 form a series path. C1 discharges, C2 and C3 charge. For $+4V_{DC}$, switches S1, H1, H4 and diodes D2, D3 conduct. For $-4V_{DC}$, switches S1, H2, H3 and the same diodes conduct. D1 is reverse-biased in both cases.
8. $V_L = +5V_{DC}$: DC source in series with C1 and C3 via D2, H1, H2, S1, and S4. C1 and C3 discharge; C2 is idle (S3 OFF). D1 and D3 are reverse-biased.
9. $V_L = -5V_{DC}$: Negative output is achieved with DC source, C1, and C2 in series. Conducting elements: S1, S2, S5, and H3. C1 and C2 discharge; C3 remains idle.

10. $V_L = \pm 6V_{DC}$: The maximum output level in both polarities is achieved by connecting all three capacitors in series with the DC source. For $+6V_{DC}$: switches S_1, S_2, H_1, H_4 conduct. For $-6V_{DC}$: switches S_1, S_2, H_2, H_3 conduct.

One of the major challenges in capacitor-based MLI topologies is the voltage balancing issue among the capacitors. In many conventional designs, this necessitates the use of complex control algorithms to maintain voltage stability across capacitors. However, the SC-MLI topology proposed in this study inherently addresses this issue through its self-voltage balancing capability, eliminating the need for additional balancing circuits or control strategies. The capacitor charging/discharging behaviour, along with the output voltage waveform and corresponding switching pulses, is illustrated in Figure 3.

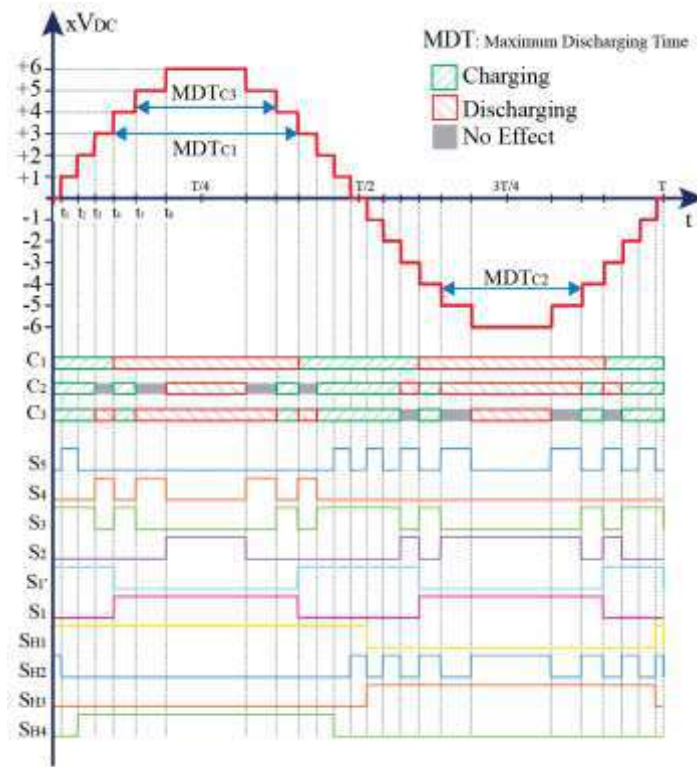


Figure 3 The output voltage waveform of the proposed SC-MLI topology, charging/discharging state of the capacitors and switching pulses of the power switches.

In Figure 2, during the output modes $0, \pm 1V_{DC}, \pm 2V_{DC}$, and $\pm 3V_{DC}$, capacitor C_1 is connected in parallel with the DC voltage source via switch S_1' , and its charging path is indicated in green. As shown in Figure 3, the gate pulse of S_1' remains ON up to the $+3V_{DC}$ output level, during which C_1 is actively charged. Additionally, C_1 discharges during the $\pm 4V_{DC}, \pm 5V_{DC}$, and $\pm 6V_{DC}$ levels in each half-cycle. This period defines the maximum discharge time (MDT) of C_1 , which must be considered when calculating its capacitance, and is given by: $MDT_{C1} = T/2 - 2t_4$, where T is the total period and t_4 is the time spent at $\pm 4V_{DC}$ levels.

Capacitors C_2 and C_3 are connected in parallel with the DC source during the $\pm 1V_{DC}$, $\pm 2V_{DC}$, and $\pm 4V_{DC}$ output levels, as illustrated in both Figures 2 and 3. In these states, each capacitor is fully charged to V_{DC} (i.e., $V_{C2} = V_{C3} = V_{DC}$). It is important to note that the maximum discharge period for C_3 occurs during the positive half-cycle, while for C_2 it occurs during the negative half-cycle. However, since both capacitors discharge during the $\pm 5V_{DC}$ and $\pm 6V_{DC}$ levels, their maximum discharge durations are equal: $MDT_{C2} = MDT_{C3} = T/2 - 2t_5$.

Capacitor C_2 remains inactive during $+3V_{DC}$ and $+5V_{DC}$ levels, while C_3 is inactive during $-3V_{DC}$ and $-5V_{DC}$ levels, indicating no charging or discharging activity in those intervals.

The capacitor behaviors in terms of charging and discharging are indicated in Figure 3 as follows:

- : capacitor is charging
- : capacitor is discharging
- : no effect

2. Simulation Verification

Simulation models of the SC-MLI circuit, whose main structure is presented in Figure 1, were developed using both MATLAB/Simulink and PLECS platforms. Two different modulation control techniques were implemented in the simulations. All circuit component parameters were set identically across both software environments. The DC input voltage was set to 60V, while the capacitor values were determined based on theoretical calculations. The capacitance values were chosen as 2200 μF for C_1 , C_2 , and C_3 , with each capacitor having an equivalent series resistance (ESR) of 0.08 Ω .

In the MATLAB/Simulink environment, the main circuit was simulated under various load conditions using Nearest Level Control (NLC) and Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM) techniques. The output voltage and current waveforms were observed under different switching frequencies and modulation index (MI) values.

As shown in Figure 4(a), the initial simulation was conducted using the NLC method under three different load scenarios. The corresponding output voltage and current waveforms confirm that the proposed SC-MLI operates reliably and successfully synthesizes 13 distinct voltage levels. Additionally, the voltage ripple across all capacitors remained within acceptable limits, with variations below 10%, ensuring stable operation.

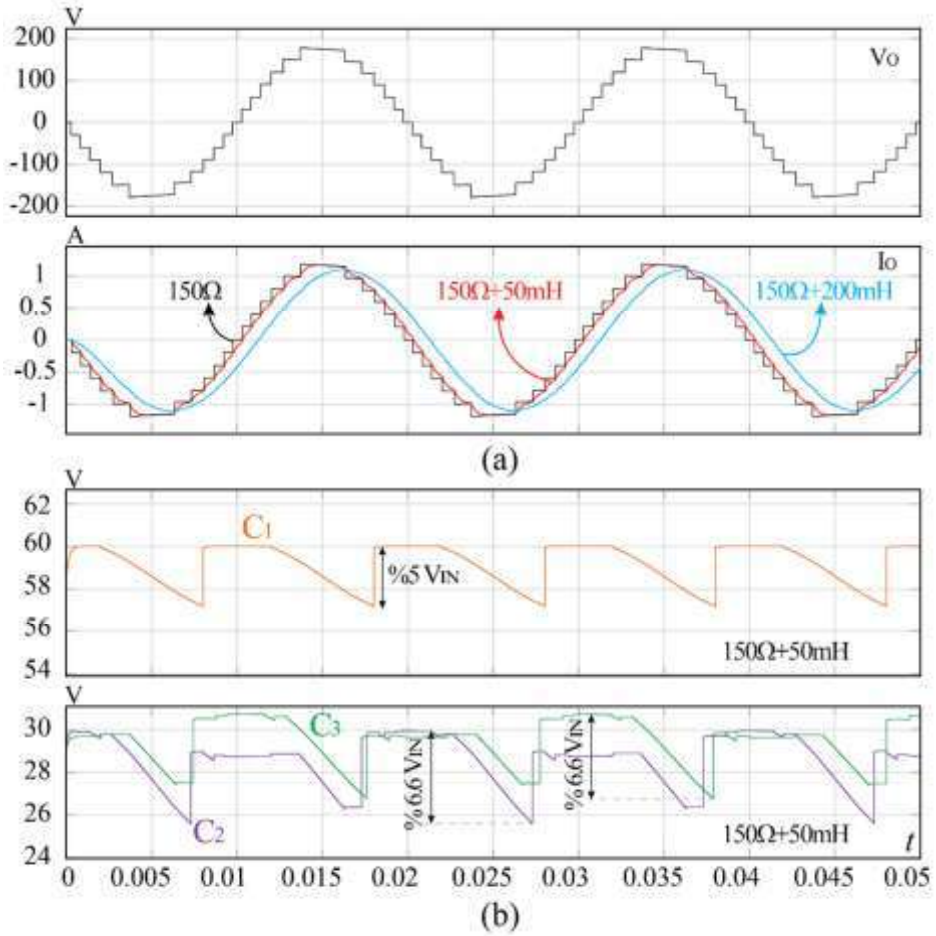


Figure 4 Önerilen 13L SC-MLI'nın (a) Çıkış gerilimi ve farklı yük değerlerindeki dalga şekilleri, (b) kapasitör ripple voltajları.

The proposed SC-MLI topology was tested under a $150\Omega + 50\text{mH}$ RL load using both SPWM and NLC modulation techniques, and harmonic analysis was performed on the output current waveforms. As shown in Figure 5(a), despite the relatively low inductive component, the output current waveform closely resembles a pure sinusoidal shape, indicating high-quality output.

Further confirmation is provided in Figure 5(b), where the harmonic spectrum of the output current shows a Total Harmonic Distortion (THD) of only 1.36%, well within acceptable standards. Moreover, due to the high voltage levels achieved at the output of the SC-MLI, the NLC method also meets harmonic requirements, validating its effectiveness.

Consequently, the proposed topology does not require high-frequency switching, offering a simpler and more efficient control strategy for practical applications.

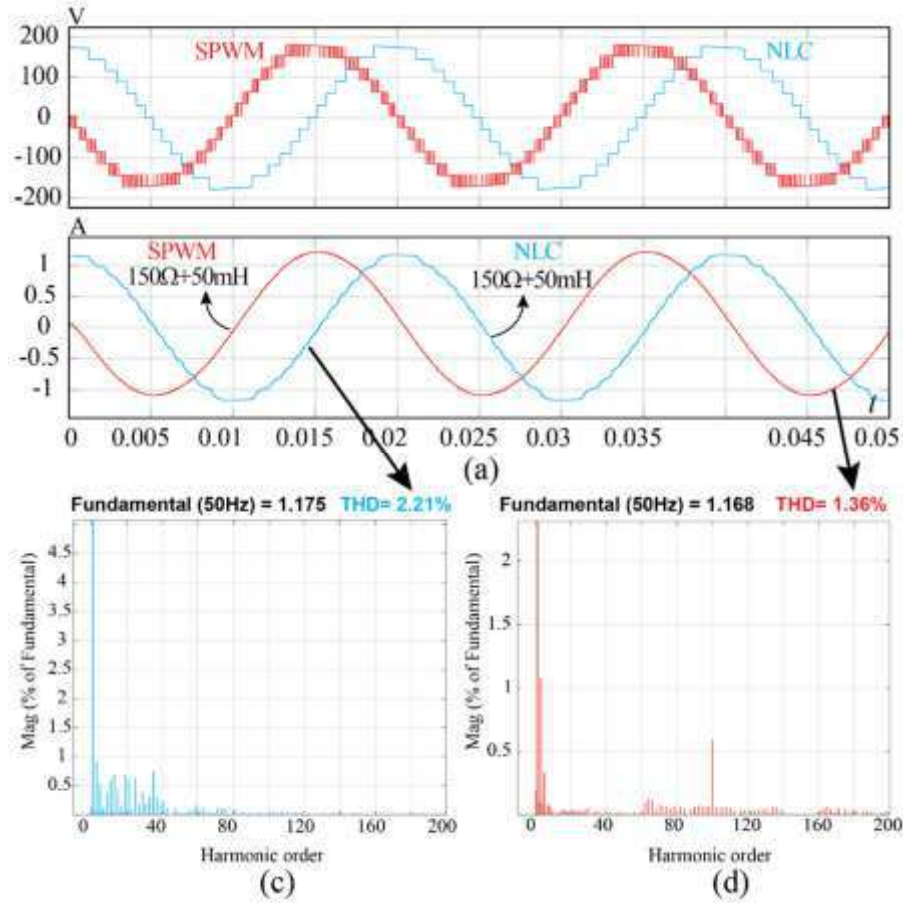


Figure 5 Comparison of NLC and SPWM control methods under identical load conditions: (a) Output voltage and current waveforms, (b) Harmonic analysis of the output current waveform.

To evaluate power losses, the main circuit was later re-modeled in the PLECS simulation environment using thermal models of the power switches. The same component parameters used in the previous simulations were applied to ensure consistency. This thermal analysis allows for a more accurate estimation of conduction and switching losses, contributing to a comprehensive performance evaluation of the proposed SC-MLI topology.

3. Conclusion

In this study, a novel single-source 13-level switched-capacitor multilevel inverter (SC-MLI) topology with a voltage gain of $3\times$ is proposed. The inverter successfully synthesizes 13 distinct output voltage levels using a reduced number of components.

Compared to many existing topologies in the literature, the proposed 13-level SC-MLI requires fewer DC sources, switched capacitors, power switches, and diodes, and demonstrates lower Total Standing Voltage (TSV) and Peak Inverse Voltage (PIV) values. This reduction in power components—particularly switches, capacitors, and diodes—offers a significant advantage over other

single-source SC-MLI designs, making the proposed topology both cost-effective and compact. The control strategy used enables self-voltage balancing across the capacitors, eliminating the need for complex balancing circuits. One of the major challenges in SC-MLIs is maintaining waveform integrity due to harmonic distortion caused by capacitor voltage fluctuations. Additionally, improper capacitance sizing can lead to excessive voltage ripple, negatively impacting the output voltage quality. In this work, both capacitor voltage stability and output voltage quality were verified under two different modulation techniques (NLC and SPWM). Theoretical calculations were validated by simulation results. Furthermore, the circuit was modeled in PLECS using thermal models of the switching devices, and loss analysis was conducted over a 100W–1000W load range. The proposed topology demonstrated a maximum efficiency of 97.2%, confirming its suitability for high-efficiency power conversion applications.

- [1] K. Jena, K. K. Gupta, D. Kumar, and S. RanjanKabat, "Single-Stage Single-Phase 5-Level Switched-Capacitor Multilevel Inverter," *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Electrical Engineering*, vol. 48, no. 1, pp. 265–276, Mar. 2024, doi: 10.1007/S40998-023-00660-3/TABLES/6.
- [2] V. S. K. Prasadaraao, S. Peddapati, and B. Kumar, "A Voltage-Boosting Seven-Level Switched Capacitor Multilevel Inverter With Reduced Device Count," *IEEE J Emerg Sel Top Power Electron*, vol. 12, no. 1, pp. 743–753, Feb. 2024, doi: 10.1109/JESTPE.2023.3342123.
- [3] J. Yao, X. Zheng, Z. Luo, Z. Zhang, and A. Ioinovici, "A Switched Capacitor Modified Fibonacci Cell Used for a DC-AC Circuit Supplied by Solar Energy," *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, vol. 71, no. 4, pp. 1933–1946, Apr. 2024, doi: 10.1109/TCSI.2023.3349184.
- [4] Z. Zhang, J. Yao, and A. Ioinovici, "Switched-Capacitor Multilevel Inverter With Input Source-Load Common Ground for Applications Supplied by Green Energy," *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, vol. 71, no. 1, pp. 186–190, Jan. 2024, doi: 10.1109/TCSII.2023.3297321.
- [5] M. Karakılıç and M. N. Almalı, "Design of Hybrid Switched Diode Multilevel Inverter Using Single DC Source," *Journal of Electrical Engineering and Technology*, pp. 1–12, Feb. 2024, doi: 10.1007/S42835-024-01832-9/FIGURES/16.
- [6] E. Babaei, "A Cascade Multilevel Converter Topology With Reduced Number of Switches," *IEEE Trans Power Electron*, vol. 23, no. 6, 2008, doi: 10.1109/TPEL.2008.2005192.
- [7] A. Nabae, I. Takahashi, and H. Akagi, "A New Neutral-Point-Clamped PWM Inverter," *IEEE Trans Ind Appl*, vol. IA-17, no. 5, pp. 518–523, 1981, doi: 10.1109/TIA.1981.4503992.
- [8] J. Ebrahimi and H. Karshenas, "A New Modulation Scheme for a Four-Level Single Flying Capacitor Converter," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 68, no. 3, 2021, doi: 10.1109/TIE.2020.2975478.
- [9] V. Anand and V. Singh, "A 13-Level Switched-Capacitor Multilevel Inverter With Single DC Source," *IEEE J Emerg Sel Top Power Electron*, vol. 10, no. 2, pp. 1575–1586, Apr. 2022, doi: 10.1109/JESTPE.2021.3077604.
- [10] S. Islam, M. D. Siddique, A. Iqbal, and S. Mekhilef, "A 9- and 13-Level Switched-Capacitor-Based Multilevel Inverter With Enhanced Self-Balanced Capacitor Voltage Capability," *IEEE J Emerg Sel Top Power Electron*, vol. 10, no. 6, 2022, doi: 10.1109/JESTPE.2022.3179439.
- [11] T. Roy and P. K. Sadhu, "A Step-Up Multilevel Inverter Topology Using Novel Switched Capacitor Converters with Reduced Components," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 68, no. 1, pp. 236–247, Jan. 2021, doi: 10.1109/TIE.2020.2965458.
- [12] M. Karakılıç, "A Novel Hexagonal Switched Capacitor Unit (HSCU) Design With Seven-Level Multilevel Inverter Topology," *International*

Journal of Circuit Theory and Applications, vol. 0, pp. 1–17, Feb. 2025, doi: 10.1002/CTA.4469.

- [13] A. K. Singh, A. Choudhary, and R. K. Mandal, "A new thirteen-level high-gain soft-charging SC inverter," *Electrical Engineering*, 2024, doi: 10.1007/s00202-024-02311-0.
- [14] M. Memis and M. Karakilic, "7-Level Soft Charging Switched Capacitor Multilevel Inverter," *IEEE Access*, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3560576.

**SÜNİİNTELLEKT VƏ KLASSİK ƏDƏBİYYAT: MÜASİR TEXNOLOGİYA İLƏ
YENİDƏN KƏŞF (Füzulinin əsərləri əsasında)**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206270>

Zamin Babazadə

zaminbabazade92@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-1395-2545>

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Əli Həşimov

elihesimov@ndu.edu.az

<https://orcid.org/0009-0006-4816-7979>

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Artıq süni intellekt (Sİ) bütün həyatımıza və elmin bütün sahələrinə təsir etməkdədir. Ədəbi məsələlərdə də bir alətə çevrilməkdədir. Ancaq bu alətdən istifadə yolları və imkanları mütləq şəkildə elm cəmiyyəti üçün araşdırılmalıdır. Bizim məqsədimiz Sİ-nin klassik əsərləri təhlili imkanlarını ortaya qoymaq, düzgünlük dərəcəsini araşdırmaqdır. (Qeyd edək ki, bu bizim bu istiqamətdə apardığımız ikinci araşdırmaadır.) Çünki bu cür araşdırmaların aparılmaması gələcəkdə bir çox aparılacaq tədqiqatların yanlış nəticəyə çatmasının qarşısını ala bilər. Araşdırmada ədəbiyyatların nəzərdən keçirilməsi, müzakirə, müqayisəli analizi və nümunələrin qarşılaşdırılması kimi metodlar istifadə olunmuşdur. Əldə olunan nəticələr göstərir ki, süni intellekt ədəbi əsərləri təhlil etmək məsələsində hələ də tam dəqiq iş mexanizminə malik deyil və indiki insan yaradıcılığının yerini tutma bilməz, lakin sürətli nəticə alma və tərcümə etmə imkanına görə əhəmiyyət kəsb edir. Mövzu ilə bağlı akademik mənbələr, kitablar, qəzetlər və arxiv sənədləri araşdırılmış, seçilmiş mətnlər tematik və struktur baxımından müqayisə edilmişdir.

***Açar sözlər:** süni intellekt, klassik ədəbiyyat, təhlil, Füzuli, texnoloji inkişaf, müqayisəli təhlil, etik məsələlər*

GİRİŞ

Azərbaycan klassik ədəbiyyatı bir çox cəhətdən zəngin bədii nümunələr hesab olunur. Dilinin çətinliyinə baxmayaraq bu nümunələr daim araşdırmaların obyektı kimi çıxış etmişdir. Bir çox məşhur tədqiqatçılar bu dövrün ədəbi əsərlərini dərinliyi ilə incələmiş, əsərlərini dövrün ruhuna və şərtlərinə uyğun təhlil etmişdir. Dövrün qarşıq ictimai siyasi vəziyyəti, dini düşüncə imkanlarının fəqliliyi, bəzən məhdud imkanların gətirdiyi, bəzənsə ənənə halını almış təkrar mövzulara yanaşma əsərlərin təhlilində çətinliklər yaradır. Bununla belə təriqətlər ədəbiyyatımızda zənginliyə xidmət edir (Babayev 2007). Təriqətlərin çoxluğu və fərqli imperiyaların hakimiyyəti və digər ziddiyyətli məqamlar bu dövrün ədəbi əsərlərinin də mövzu ideyalarına, leksik xüsusiyyətlərinə mümkün variantda çox təsir göstərmişdir.

Bu cür təhlil imkanları zəif olan nümunələrin sürətli şəkildə təhlilini aparmaq üçün Sİ olduqca zəbedici görünür. Ehtimal ki, yaxın zamanda bu ənənə formalaşacaqdır. Ancaq mütləq nəzərə almaq lazımdır ki, bu cür bir ənənənin formalaşması müəyyən problemlər də doğura bilər.

ƏSAS HİSSƏ

Klassik əsərlərin təhlili və öyrənilməsi daim ədəbiyyatşünaslığın diqqət mərkəzində olmuşdur. XIX əsrin sonlarından etibarən bu iş sistemli şəkildə həyata keçirilmişdir. M.F.Axundzadənin Füzuli haqqında yazdıqları ilk elmi yanaşma kimi qeyd oluna bilər. Doğrudur, o Füzuli və ümumiyyətlə klassik ədəbiyyatı düzgün qiymətləndirməsə (Babazadə 2024) də, bu araşdırma ilk örnəklərdən biri kimi əhəmiyyət kəsb edir. Axundzadədən sonra isə Yaşar Qarayev, F.Köçərli, F.Qasımzadə, S.Mümtaz, R.Əfəndiyev, B.Nəbiyev K.Talıbzadə, M.C.Paşayev, Ş.Qurbanov, H.Araslı öz araşdırmaları ilə klassik ədəbiyyatı öyrənmişdir.

XV-XVI əsr ədəbiyyatının öyrənilməsi xüsusi əhəmiyyət daşıyırdı. Xeyirbəy Qasımova (2008) görə bu dövr həm Azərbaycan dilinin əhəmiyyətinin artması, həm də şeirimizin Azərbaycan sərhədlərini aşması baxımından önəm daşımaqdadır (Qasimov 2008). Buna görə də bu dövr ədəbiyyatının təhlilinin aparılması, öyrənilməsi vacib hesab olunmalıdır.

Son texnologiyalar tərcümə və Sİ proqramları da bu dövrü öyrənməyimizdə bizə köməklik göstərə bilər. Ancaq mütləq şəkildə onun yanaşmaları test olunmalıdır. Məsələn, Füzulinin bir beytinin izahına diqqət edək.

Dil çəksə nola canü tənə xaki-kuyinə,

Xarü xəş artar onda ki, quş aşyan tutar. (Məhəmməd Füzuli I 2005)

Beytin izahı təxminən belədir. “ürək can və bədəni sənə ayağının altına çəkir, necə ki quş yuvasına çör-çöp aparır”. Burada Allaha pərəstiş, onu qiymətləndirmə motivləri var. Onun dərgahı ev kimi qiymətləndirilir. Sufilik təriqətinə əsaslanan bu fikirlər özündə təriqətə məxsus bəzi ideoloji məqamları daşıyır. Xaki-kuyi ifadələri sufizmdə insanın heçliyini vurğulamaq məqsədi daşıyır. Sufilikdə əsas məqamlardan olan mövlanaya məxsus xüsusiyyəti göstərmək üçün işlədilir. İndi isə görək Sİ bu beyti necə izah edir..Chat GPT beyti belə izah edir. *“Dil çəkib şikayət etsə, nə olar ki, can və bədən torpaq kimi alçalar, Axı bir quş yuva quranda belə, ətrafda quru ot və çöp çoxalar.”* Şeirənin izahını isə belə verir: “Bu beyt, Füzuli və digər divan şairlərinin fəlsəfi düşüncələrini əks etdirən misralardan biridir. Burada iki əsas fikir vurğulanır: İnsanın çarəsizliyi və təvazökarlıq: “Dil çəksə” ifadəsi şikayətlənmək, dərddi söyləmək mənasındadır. Şair deyir ki, insan dərddi dilə gətirsə də, nə dəyişəcək? Onsuz da can və bədən torpaq kimi alçalar, yəni insan fanidir, torpağa qarışacaq. Dünyanın qanunu və həyatın davamlılığı: – İkinci misrada şair bir bənzətmə edir: quş yuva quranda ətrafda ot-çöp (xəş, xar) çoxalır. Bu, həyatın davamlı olması və hər bir şeyin təbii gedişatının qaçılmaz olduğunu göstərir. Yəni, insan nə qədər dərd çəksə də, şikayət etsə də, dünya öz axarı ilə gedir, bu dəyişməz bir həqiqətdir. Bütövlükdə, beyt insanın fəna olduğunu, dünyanın isə öz qaydalarına uyğun davam etdiyini ifadə edir”(Chat GPT). Verilən izah səhvdir. Sözlərin bəzilərinə düzgün tərcümə etməyib. İlk olaraq fars dilində olan *“dil”* sözünü *“ürək”* kimi yox *“dil”* kimi tərcümə etdiyini görürük. *“Xaki-kuyində”* ifadəsi də ilkin mənada torpaq kimi tərcümə olunmuşdur ki, bu da bütünlüklə beytin mənasının itməsinə səbəb olmuşdur. Burada Sİ tərəfindən edilən ən böyük səhvlərdən biri də *“artar”* sözünün indiki müasir dilimizdəki mənasını işlətməsidir. Halbuki klassik Azərbaycan ədəbiyyatında bu söz indiki mənasında yox, *“toplanmaq”*, *“yığılmaq”* mənasında işlənmişdir. Yəni burada şairin məqsədi insanın Allaha yönəlməsi

ilə onun mənəvi yüksəlişinə işarə etməkdir. Beytin səhv tərcümə edilməsi onun əsas ideoloji və fəlsəfi dərinliyinin itirilməsinə səbəb olmuşdur.

Siracəddin Hacı (2024) tərəfindən edilən Məhəmməd Füzulinin "Su qəsidəsi"ndən birinci beyti və onun şərhı diqqət edək. Qeyd edək ki, bu beytin şərhı Siracəddin Hacı tərəfindən "Ədəbiyyat qəzeti"ndə təqdim edilmişdir.

Saçma, ey göz, əşkdən könlümdəki odlara su,

Kim bu dənli tutuşan odlara qılmaz çarə su. (Məhəmməd Füzuli II 2005)

Alim tərəfindən verilən şərh təxminən belədir. "Şair burada göz yaşlarının könlündəki eşq odunu söndürməməsini diləyir. Yəni, eşqin verdiyi yanğının davam etməsini, bu yanğının sönməməsini arzulayır. Burada "su" metaforik olaraq göz yaşlarını ifadə edir. Füzuli, eşqin insan ruhunu təmizləyən və onu ucaldan bir güc olduğunu vurğulayır. İzahı isə belə verir. (Ey göz(üm), könlümdəki atəşlərə göz yaşından (yaşımdan) su saçma. Belə ki, bu dərəcədə tutuşan atəşlərə/odlara su çarə qılmaz). Alim onu da qeyd edir ki, Peyğəmbərə həsr olunan bu şeirdə Füzuli öz dərđini, ürək yanğısını qeyd edir (Hacı 2024).

Chat GPT isə beytin izahını belə verir: "Ey göz, eşqdən könlümdə yanan odlara su səpib söndürmə, Çünki bu dəniz kimi alışıb yanan odlara su belə çarə ola bilməz."

Füzuli bu beytdə eşqin gücünü və təsirini təsvir edir. O, göz yaşlarını "su" kimi qəbul edir və gözün ağlamasını istəmir. Çünki bu yaşlar, yəni su, onun eşq atəşini söndürə bilər. Ancaq ikinci misrada şair vurğulayır ki, bu eşq elə bir yanğıdır ki, dəniz qədər su belə onu söndürə bilməz. Burada "eşq atəşi" simvolik mənada insanın içindəki sevgi, istək və ehtirası ifadə edir. Füzuli eşqin yalnız bir hiss deyil, insanın bütün varlığını əhatə edən güclü bir qüvvə olduğunu göstərir.

Görünür ki, bu dəfə Sİ bu işin öhdəsindən qismən gələ bilmişdir. "Dəniz kimi alışıb yanan odlara" ifadəsi uğursuz bir yanaşmadır. Klassik Azərbaycan ədəbiyyatının təhlili və öyrənilməsi həm ədəbiyyatşünaslıq, həm də mədəni irsimizin qorunub saxlanması baxımından böyük əhəmiyyət daşıyır. XV-XVI əsrlər Azərbaycan ədəbiyyatının inkişafında xüsusi yer tutur, çünki bu dövr həm dilimizin zənginləşməsi, həm də ədəbi əsərlərin ideoloji və fəlsəfi dərinliyi ilə seçilir. Məhəmməd Füzuli kimi böyük şairlərin əsərləri isə bu dövrün ən parlaq nümunələrindən hesab olunur. Onun yaradıcılığında təriqət ədəbiyyatının,

xüsusilə də sufizmin təsiri aydın şəkildə müşahidə olunur. Bu təsir əsərlərin həm məzmununda, həm də dilində öz əksini tapır.

Son illərdə texnologiyanın inkişafı ilə birlikdə Sİ (Süni İntellekt) proqramları və tərcümə vasitələri klassik ədəbiyyatın təhlilində istifadə olunmağa başlanmışdır. Lakin bu vasitələrin tətbiqi zamanı diqqətli olmaq vacibdir. Məqalədə göstərildiyi kimi, Sİ bəzi hallarda klassik mətnlərin düzgün təhlil edilməsində çətinlik çəkir. Xüsusilə, Füzulinin “Dil çəksə nola canü tənə xaki-kuyinə” beytinin təhlilində Sİ-nin səhvləri onun klassik ədəbiyyatın dil və məzmun xüsusiyyətlərini tam olaraq anlamadığını göstərir. Bu səhvlər əsasən leksik və semantik səviyyədə baş verir ki, bu da mətnin əsas ideyasının itirilməsinə səbəb olur. Bu isə özü ilə bərabər etik problemlər doğura bilər. Çünki bu cür təhlil zamanı mətnin orijinal mənası itirilə və ya təhrif oluna bilər.

Digər tərəfdən, Sİ-nin Füzulinin “Su qəsidəsi”ndən olan “Saçma, ey göz, əşkdən könlümdəki odlara su” beytini düzgün şərh etməsi onun müəyyən dərəcədə uğur qazandığını göstərir. Bu, Sİ-nin klassik mətnlərin təhlilində potensialını nümayiş etdirir, lakin bu potensialın tam şəkildə həyata keçirilməsi üçün daha çox inkişaf və təkmilləşdirmə zəruridir. Əldə olunan nəticələr əsasında Sİ ilə insanlar arasındakı təhlil imkanlarının müqayisəsini aşağıdakı kimi (Cədvəl 1) vermək olar.

Cədvəl 1. Süni intellektin (Sİ) klassik ədəbiyyatın təhlilində insan tədqiqatçıları ilə müqayisəsi

No	Kriteriya	Süni intellekt (Sİ)	İnsan tədqiqatçı
1	Sürət	Çox sürətli nəticə verir	Daha yavaş, lakin dərin təhlil edir
2	Dəqiqlik	Leksik və semantik səhvlərə meyillidir	Daha dəqiq və kontekstə uyğun təhlil
3	Yaradıcılıq	Məhdud yaradıcılıq qabiliyyəti	Yüksək yaradıcılıq və şərh qabiliyyəti

4	Tərcümə	Sürətli, lakin bəzən səhv tərcümə edir	Daha dəqiq və mətnin ruhunu qoruyur
5	Mürəkkəb mətnlərin təhlili	Çətinlik çəkir, xüsusilə klassik mətnlərdə	Daha uğurlu və dərin təhlil edir

Ümumiyyətlə Sİ-nin mürəkkəb mətnləri təhlil etmə imkanlarının üstünlükləri və məhdudiyyətləri belədir. Bax Cədvəl 2.

Cədvəl 2. Sİ-nin mürəkkəb mətnləri təhlil etmə imkanları

	Üstünlükləri	Məhdudiyyətləri
Sürət	Çox sürətli nəticə verir, böyük həcmli mətnləri tez təhlil edir.	Sürətli olsa da, dərin məna və konteksti anlamaqda çətinlik çəkir.
Tərcümə	Mətnləri sürətli tərcümə edir, xüsusilə müasir dillər arasında.	Klassik dil və ifadələri dəqiq tərcümə edə bilmir, mətnin ruhunu itirir.
Məlumatın təhlili	Böyük məlumat bazalarını tez işləyir və statistik analizlər aparır.	Mürəkkəb mətnlərin ideoloji və fəlsəfi dərinliyini anlamaqda zəifdir.
Yenilikçi yanaşmalar	Mətnlərin müqayisəli təhlilində yeni nümunələr və nüanslar aşkar edə bilir.	Yaradıcılıq və orijinal fikirlər irəli sürmək qabiliyyəti məhduddur.
İnsan faktorunun rolu	İnsan tədqiqatçıları üçün vaxta qənaət edir, köməkçi vasitə kimi faydalıdır.	İnsanın dərin biliyi və təcrübəsi olmadan mətnlərin düzgün şərh edilməsi mümkün deyil.
Etik məsələlər	Mətnlərin obyektiv təhlilində kömək edir, şəxsi qərəzlərdən uzaq ola bilir.	Mətnin orijinal mənasını və tarixi kontekstini anlamaqda çətinlik çəkir.

Nəticə:

1. Klassik ədəbiyyatın təhlili mürəkkəb və çoxşaxəli bir prosesdir. Bu prosesdə ənənəvi ədəbiyyatşünaslıq metodları ilə yanaşı, müasir texnologiyalardan da istifadə etmək mümkündür. Lakin bu texnologiyaların tətbiqi zamanı diqqətli olmaq və onların məhdudiyyətlərini nəzərə almaq vacibdir.

2. Süni İntellekt klassik mətnlərin təhlilində köməkçi vasitə kimi istifadə edilə bilər, lakin onun tərcümə və şərh qabiliyyəti hələ də kifayət qədər inkişaf etməmişdir. Xüsusilə, leksik və semantik səviyyədə baş verən səhvlər mətnin əsas mənasının itirilməsinə səbəb ola bilər.

3. Ədəbiyyatşünasların rolu bu sahədə hələ də əsas həlledici amildir. Alimlərin dərin biliyi və təcrübəsi olmadan klassik mətnlərin düzgün şərh edilməsi mümkün deyildir. Sİ isə yalnız köməkçi vasitə kimi istifadə edilməlidir.

4. Texnologiyanın daha da inkişafı ilə Sİ-nin klassik ədəbiyyatın təhlilində daha effektiv şəkildə istifadə ediləcəyi gözlənilir. Lakin bu prosesdə ənənəvi ədəbiyyatşünaslıq metodlarının əvəz olunmazlığı da nəzərə alınmalıdır.

Müasir dövrdə klassik ədəbiyyatın təhlili üçün ənənəvi və texnoloji yanaşmaların harmoniyası ən uğurlu yol hesab oluna bilər. Bu yanaşma həm ədəbi irsimizi qoruyub saxlamağa, həm də onu yeni nəsillərə çatdırmağa kömək edəcəkdir.

Ədəbiyyat siyahısı:

Babayev Yaqub. Təriqət ədəbiyyatı: sufizm, hürufizm. Ali məktəblərin filoloji fakültələri üçün dərs vəsaiti. Bakı, «Nurlan», 2007. – 128 səh. S. 5

Babazadə Zamin İ. Azərbaycan ədəbiyyatında Mirzə Fətəli Axundzadə obrazı, Naxçıvan 2024 fəlsəfə doktorluğu diss. S. 14 177.

Qasimov Xeyirbəy Orta əsrlərdə Azərbaycan mədəniyyəti. Bakı, "Aspoliqraf", 2008, 448 s.

Məhəmməd Füzuli. Əsərləri. Altı cildə. I cild. Bakı, "Şərq-Qərb", 2005, 400 səh.

Məhəmməd Füzuli. Əsərləri. Altı cildə. V cild. Bakı, "Şərq-Qərb", 2005, 224 səh,

Siracəddin Hacı, "Məhəmməd Füzulinin 'Su qəsidəsi'nin iki beytinin şərh",

19.11.2024.Ədəbiyyat qəzeti. https://edebiyyatqazeti.az/news/science/12449-mehemmed-fuzulinin-su-qesidesinin-iki-beytinin-serhi?utm_source

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND CLASSICAL LITERATURE: REDISCOVERY THROUGH MODERN TECHNOLOGY

(Based on the Works of Fuzuli)

Zamin Babazade

Ali Hasimov

SUMMARY

Artificial intelligence (AI) is already influencing all aspects of our lives and all fields of science. It is also becoming a tool in literary studies. However, the ways and possibilities of using this tool must be thoroughly investigated by the scientific community. Our goal is to explore the potential of AI in analyzing classical works and to examine its accuracy. (Note that this is our second research in this direction.) This is because the lack of such research could lead to incorrect conclusions in future studies. In this research, methods such as reviewing literature, discussion, comparative analysis, and comparison of examples have been used. The results show that artificial intelligence still does not have a fully accurate mechanism for analyzing literary works and cannot yet replace human creativity. However, it is significant due to its ability to provide quick results and translations. Academic sources, books, and archival documents related to the topic have been studied, and selected texts have been compared thematically and structurally.

Keywords: *artificial intelligence, classical literature, analysis, accuracy, approach*

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И КЛАССИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА: ПОВТОРНОЕ ОТКРЫТИЕ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

(На основе произведений Физули)

Замин Бабазаде

Ali Hasimov

Искусственный интеллект (ИИ) уже оказывает влияние на все аспекты нашей жизни и все области науки. Он также становится инструментом в литературных исследованиях. Однако способы и возможности использования этого инструмента должны быть

тщательно изучены научным сообществом. Наша цель — изучить потенциал ИИ в анализе классических произведений и исследовать его точность. (Отметим, что это наше второе исследование в этом направлении.) Это связано с тем, что отсутствие таких исследований может привести к неверным выводам в будущих изысканиях. В данном исследовании использовались такие методы, как обзор литературы, обсуждение, сравнительный анализ и сопоставление примеров. Результаты показывают, что искусственный интеллект до сих пор не обладает полностью точным механизмом для анализа литературных произведений и пока не может заменить человеческое творчество. Однако он имеет значение благодаря своей способности предоставлять быстрые результаты и переводы. Были изучены академические источники, книги и архивные документы, связанные с темой, а также проведено тематическое и структурное сравнение выбранных текстов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, классическая литература, анализ, точность, подход

RESNET-BASED FRAMEWORK FOR CORN LEAF DISEASE CLASSIFICATION

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206281>

Yigitcan CAKMAK

Cakmak02273@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-7227-9182>

İshak PACHAL

ishak.pacal@igdir.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-6670-2169>

Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Igdir University, 76000,
Igdir, Turkey

ABSTRACT

Early and accurate detection of corn leaf diseases is essential for sustaining global food security, yet visual field inspection often fails to identify subtle symptoms before yield losses occur. This study evaluates the capacity of deep learning and transfer learning to automate disease recognition in corn leaves. Five residual network architectures—ResNet 18, ResNet 34, ResNet 50, ResNet 101, and ResNet 152—were fine-tuned on the expert annotated corn subset of the PlantVillage image repository. Pretraining on a large-scale vision corpus supplied rich feature representations, while targeted image augmentation enhanced the model's ability to generalize to diverse leaf textures and lesion patterns. Model performance was assessed with accuracy, precision, recall, and F1 score. Among the tested configurations, ResNet 50 achieved the highest scores, delivering 92.40 percent accuracy, 91.29 percent precision, 89.93 percent recall, and an F1 score of 90.50 percent. The larger ResNet 101 and ResNet 152 networks offered no further improvement, suggesting that moderate architectural depth balances representational power with overfitting risk for this task. These findings demonstrate that transfer learned residual networks can serve as reliable decision support tools for corn disease management, enabling producers to implement timely interventions and minimize crop losses. More broadly, the work substantiates the practical value of advanced computer vision techniques in precision agriculture, pointing toward scalable, low-cost solutions for plant health monitoring in resource constrained settings.

Key Words: Corn Disease Detection, Deep Learning, ResNet, PlantVillage

1. Introduction

Agriculture has continued to be a significant economic activity for the world overall. Agriculture is crucial for food security and human life. With the world population expected to surpass 9 billion by 2050, there is an increasing need for sustainable and smart agricultural practices [1,2]. On a continuous basis, crop productivity and quality are challenged by plant diseases, pests, and various environmental stresses. Automated detection and diagnosis systems provide unique benefits in addressing these challenges. In particular, the use of deep learning approaches improves the ability to accurately detect and manage plant diseases. This can lead to more efficient use of pesticides, better yields, and improved crop quality.

In recent years, deep learning models, particularly convolutional neural networks (CNNs) and Vision Transformers (ViTs), have demonstrated remarkable performance in computer vision tasks related to agriculture [3]. While CNNs extract local features through a hierarchical structure, ViTs leverage self-attention mechanisms to capture global contextual information from image patches. This allows them to model long-range dependencies and operate effectively on images of varying sizes. Publicly available datasets such as PlantVillage and CD&S have become essential resources for plant disease classification tasks. Nevertheless, due to the complexity associated with classifying a wide range of plant species and their respective diseases, focusing on a single crop can yield more precise and interpretable outcomes. In this context, the current study concentrates on the identification of diseases affecting maize using deep learning techniques. Maize is not only a staple food crop but also a vital component in animal feed, biofuel production, and numerous industrial applications. Its vulnerability to diseases such as northern corn leaf blight, gray leaf spot, and corn smut poses significant threats to yield and economic stability. Therefore, developing efficient and accurate methods for the detection and classification of maize diseases is of paramount importance for both agricultural sustainability and economic resilience [4,5].

2. Related works

Although deep learning has shown significant promise in plant disease classification, studies focusing specifically on corn leaf disease identification using CNN-based approaches remain relatively scarce [6]. Among the pioneering efforts in this area is the work of Zhang et al., who utilized deep learning techniques to classify eight different corn diseases by adjusting the hyperparameters of GoogleNet and Cifar10 architectures [7]. Building on this foundation, Priyadharshini et al. employed a modified LeNet model to identify four corn disease classes from the PlantVillage dataset, achieving an impressive accuracy of 97.89% [8]. Similarly, Wang et al. enhanced the ResNet-50 model with custom hyperparameter tuning, reaching a classification accuracy of 98.52% across five corn categories [9].

Other contributions to research in computer vision methods applied to agricultural practices include the work of Waheed et al. who used hyperparameter optimization to a DenseNet model so they can classify four corn diseases. Even though the DenseNet-based model achieved a bit lower accuracy (98.06%) than its EfficientNet-B0 compatriot, it had a more significant decline in model size and number of parameters [10]. In another key paper, Chen et al. introduced a transfer learning approach that combined, pre-trained on ImageNet weights, VGGNet and Inception modules, while their model INC-VGGN demonstrated a minimum accuracy of 91.83% while performing validation on corn images from the PlantVillage dataset [11]. To address the tangible realities of implementation into a real-world situation, Zeng et al. designed LDSNet, an inordinate lightweight architecture which was intended specifically for application in corn disease diagnosis, real-world use case scenarios

with respect to complex background, dilation issues, and deployment issues, and achieved a test accuracy of 95.4% on corn [12].

3. Material and methods

3.1 Dataset

The quality and the organization of the dataset are key factors in the performance of deep learning models. Unlike traditional machine learning techniques, which are often based on manual feature engineering and smaller datasets, deep learning architectures require large high-quality datasets to extract valuable and discriminative features of raw data. This is critical to ensure deep models generalize well and have good predictive performance [13]. Numerous parts of this study's dataset have been identified in Table 1 and was split into training, validation and test, to enable rigorous model evaluation and avoid data leakage during learning.

Table 1

Distinction between train test and validation

	Images	%
Train	2696	70
Test	577	15
Validation	579	15
Total	3852	100

3.2 PlantVillage dataset

In this study, the PlantVillage dataset an extensively utilized and publicly available benchmark for plant disease recognition served as the primary source of data. Renowned for its breadth and quality, the dataset comprises 54,303 high-resolution images spanning 38 unique plant species and associated disease categories, including both healthy and infected specimens [14]. The scope of this research was confined to the subset related to corn (*Zea mays*), with a focus on disease classification. Specifically, four corn-related classes were selected, representing a combination of healthy and diseased leaf images. A total of 3,852 samples were extracted from the dataset and employed in the training, validation, and testing phases of the deep learning models.

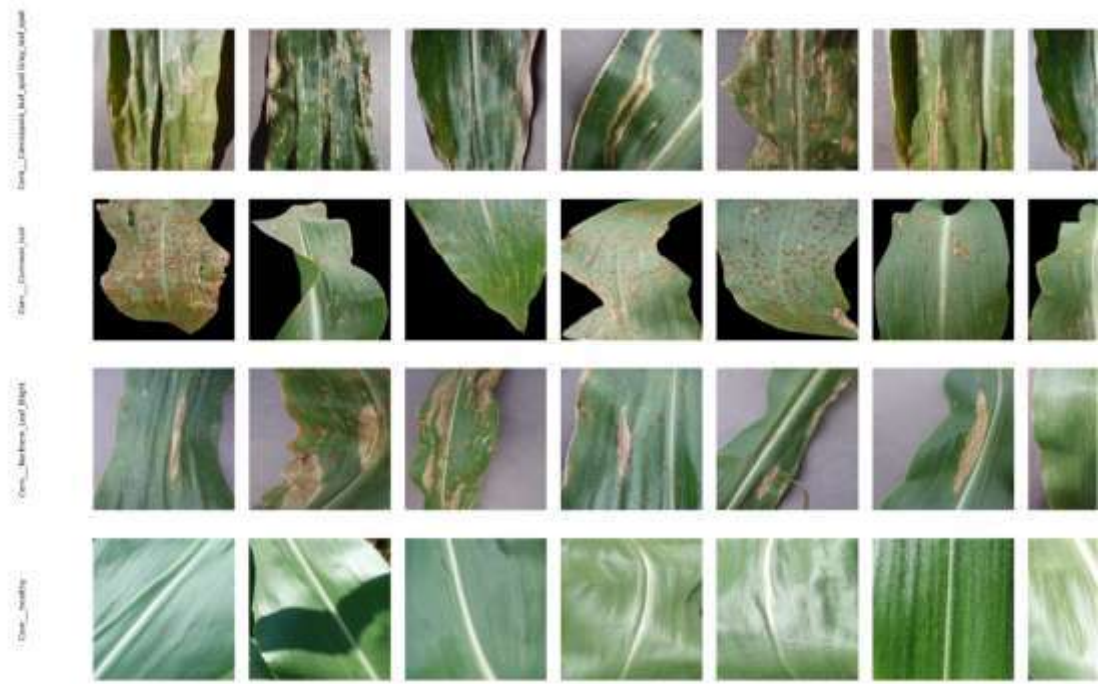


Fig. 1 Examples from our dataset

3.3 Data Augmentation

In the realm of deep learning, the presence of large-scale and diverse datasets is a fundamental prerequisite for developing models with high accuracy and strong generalization capabilities. However, the manual collection and annotation of extensive image datasets often demand significant time and resources. To address this challenge, data augmentation has emerged as a widely adopted strategy. It enables the synthetic expansion of the training set by applying a variety of transformations, thereby injecting controlled variability into the data. This approach not only mitigates overfitting especially in scenarios involving limited or imbalanced datasets but also enhances the model's capacity to generalize effectively to novel inputs.

In this study, a comprehensive data augmentation pipeline was implemented during the preprocessing stage to increase the robustness and predictive performance of the model. The applied transformations are outlined as follows:

- **RandomResizedCrop(224):** Randomly crops and resizes images to 224×224 pixels, promoting spatial diversity and encouraging the model to learn features from various regions of the image rather than overfitting to fixed spatial locations.
- **RandomHorizontalFlip():** Applies horizontal flipping with a predefined probability, enabling the model to capture orientation-invariant features.
- **RandomRotation(15):** Rotates the image randomly within a ± 15 -degree range to simulate different viewing angles and improve rotational robustness.
- **ColorJitter (brightness=0.2, contrast=0.2, saturation=0.2, hue=0.1):** Alters color properties such as brightness, contrast, saturation, and hue to train the model under varying illumination and environmental conditions.

- `ToTensor()`: Converts images to PyTorch tensors, ensuring compatibility with the model input format.
- `Normalize(mean=[0.485, 0.456, 0.406], std=[0.229, 0.224, 0.225])`: Standardizes pixel values using the ImageNet dataset's statistical parameters to facilitate stable training dynamics and faster convergence.

In addition, for visualization purposes, a different transformation sequence was used where images were resized and converted into tensors without normalization. This allowed for images to be viewed as image samples in their original pixel range prior to entering the training pipeline.

3.4 Deep learning architectures

Machine learning has been a disruptive force in advancing humanity and technological innovation. It is now an integral component in many modern instances, such as improving search engines, moderating user-generated content within social networks, and enabling personalized recommendation systems for e-commerce. With the rapid evolution of technology, machine learning techniques are increasingly mediating our lives in the form of smart technology and technology with advanced functionalities including visual object detection, speech recognition, and personalized dynamic content through digital environments [15].

The rapid strides in artificial intelligence have been primarily fueled by the evolution of deep learning. As a specialized subset of machine learning, deep learning employs complex, multi-layered neural networks to capture non-linear and abstract data representations from extensive datasets [16,17]. These models extract intricate features through deep hierarchical structures and are trained using the backpropagation algorithm. Deep learning has demonstrated remarkable success across diverse domains, such as image and video analysis, speech processing, and natural language understanding. Convolutional Neural Networks (CNNs) are particularly effective in handling spatially structured data, whereas Recurrent Neural Networks (RNNs) are well-suited for temporal or sequential information-like speech and text.

Although Geoffrey Hinton introduced the foundational concept of deep learning in 2006, its widespread acceptance emerged after deep models significantly outperformed conventional algorithms in the ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge. Since that pivotal moment, deep learning has consistently delivered state-of-the-art results across a broad spectrum of applications including pattern recognition, classification, forecasting, drug discovery, signal analysis, finance, healthcare, and defense and continues to be the dominant paradigm in artificial intelligence research and deployment [18].

3.5 ResNet Architectures

Neural Network (ResNet) architecture introduces a novel approach known as residual learning to address the degradation problem commonly observed in deep neural networks. Unlike conventional convolutional neural networks (CNNs), where increasing the number of layers may lead to performance degradation, ResNet

overcomes this limitation using skip connections. These connections allow information to bypass one or more layers and be directly passed to subsequent layers, enabling each layer to learn a residual function with respect to its input rather than attempting to learn the full transformation. This design significantly facilitates the training of deeper models and leads to improved performance [19,20].

In the ResNet architecture, the output of a residual block is formally defined as:

$$y = F(x, \{W_{i\leq n}\}) + x \quad (2)$$

Here, x denotes the input to the block, $F(x, \{W_{i\leq n}\})$ represents the residual function composed of several convolutional layers, and the addition indicates the skip connection. The ResNet architecture consists of the following fundamental components:

- **Residual Blocks:** These blocks are composed of two or three convolutional layers designed to learn residual mappings. The presence of skip connections facilitates gradient flow, making it easier to train deeper networks.
- **Bottleneck Design:** Used in deeper models such as ResNet-50 and ResNet-101, this structure employs a sequence of 1×1 , 3×3 , and 1×1 convolutions. It effectively reduces the number of input feature maps, enabling computational efficiency without sacrificing learning capacity.
- **Identity and Projection Shortcuts:** When the dimensions of the input and output match, identity shortcuts are used. Otherwise, 1×1 convolutions are employed as projection shortcuts to align the dimensions before addition.
- **Depth Variants:** In this study, five ResNet variants ResNet-18, ResNet-34, ResNet-50, ResNet-101, and ResNet-152 pre-trained on the ImageNet dataset were utilized for the classification of corn leaf diseases using the PlantVillage dataset. These models differ in depth and the usage of bottleneck layers. While deeper models tend to yield higher accuracy, they also require more computational resources.

Overall, ResNet enables efficient training of very deep neural networks by preserving input information across layers and promoting improved gradient propagation. Its architectural innovations make it highly effective for complex image classification tasks such as agricultural disease detection [21].

layer name	output size	18-layer	34-layer	50-layer	101-layer	152-layer
conv1	112×112	7×7, 64, stride 2				
conv2_x	56×56	3×3 max pool, stride 2				
		$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 64 \\ 3 \times 3, 64 \end{bmatrix} \times 2$	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 64 \\ 3 \times 3, 64 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 64 \\ 3 \times 3, 64 \\ 1 \times 1, 256 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 64 \\ 3 \times 3, 64 \\ 1 \times 1, 256 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 64 \\ 3 \times 3, 64 \\ 1 \times 1, 256 \end{bmatrix}$
conv3_x	28×28	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 128 \\ 3 \times 3, 128 \end{bmatrix} \times 2$	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 128 \\ 3 \times 3, 128 \end{bmatrix} \times 4$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 128 \\ 3 \times 3, 128 \\ 1 \times 1, 512 \end{bmatrix} \times 4$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 128 \\ 3 \times 3, 128 \\ 1 \times 1, 512 \end{bmatrix} \times 4$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 128 \\ 3 \times 3, 128 \\ 1 \times 1, 512 \end{bmatrix}$
conv4_x	14×14	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 256 \\ 3 \times 3, 256 \end{bmatrix} \times 2$	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 256 \\ 3 \times 3, 256 \end{bmatrix} \times 6$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 256 \\ 3 \times 3, 256 \\ 1 \times 1, 1024 \end{bmatrix} \times 6$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 256 \\ 3 \times 3, 256 \\ 1 \times 1, 1024 \end{bmatrix} \times 23$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 256 \\ 3 \times 3, 256 \\ 1 \times 1, 1024 \end{bmatrix}$
conv5_x	7×7	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 512 \\ 3 \times 3, 512 \end{bmatrix} \times 2$	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 512 \\ 3 \times 3, 512 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 512 \\ 3 \times 3, 512 \\ 1 \times 1, 2048 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 512 \\ 3 \times 3, 512 \\ 1 \times 1, 2048 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 512 \\ 3 \times 3, 512 \\ 1 \times 1, 2048 \end{bmatrix}$
	1×1	average pool, 1000-d fc, softmax				
FLOPs		1.8×10^9	3.6×10^9	3.8×10^9	7.6×10^9	11.3×10^9

Fig.3 Layers of ResNet variants used in the study

The increase in depth across the variants enables the models to capture more complex patterns, albeit at the expense of greater computational cost and memory consumption .

4. Results and discussions

4.1 Experimental Design

The experiments that are reported in this study were carried out on a Linux system running Ubuntu 22.04 with an Intel Core i5-13600K CPU, 32 GB DDR5 RAM, and NVIDIA RTX 3090 GPU. All models were built in PyTorch using CUDA augmenting from NVIDIA. All models were also trained and evaluated in a standardised and systematic manner in the same experimental conditions and hyperparameters.

4.2 Performance Metrics

Evaluating the performance of deep learning models is a significant area of consideration in the process of establishing their effectiveness, and justifying, and informing decisions based on data. Metrics play an essential role in a number of capacities, including the performance of the classification model, knowledge to assist with optimizing, reporting methodology, perhaps even identifying errors in the data reporting, identifying potential biases, comparing models, or even identifying overfitting. In this study we primarily outlined performance metrics specific to grape disease classification that used general evaluation criteria common in the academic field.

The primary metrics used in this Project accuracy, precision, recall, and the F1-score constitute the very basic building blocks of evaluation in deep learning literature and beyond. The accuracy is the number of correctly classified samples divided by the total number that were classified, thereby giving you an indication of relative measure of overall performance. Precision is calculated by true positives / (true positives + false

positives) and provides an indication of reliability of the model in classifying instances that are relevant. Similarly, the true positives that the model used (based off of how predictions were reported by the model), brings into consideration another important aspect of relevance, or what we call recall. The F1 score is derived from the modifiable mean of precision and recall and serves as a relative performance score that expands precision and recall capturing both false positives and false negatives. While it may look complex, all the metrics that we used can be modeled mathematically by using the following equations:

$$\text{Precision} = \frac{\text{True Positives}}{\text{True Positives} + \text{False Positives}} \quad (4)$$

$$\text{Recall} = \frac{\text{True Positives}}{\text{True Positives} + \text{False Negatives}} \quad (5)$$

$$\text{F1 Score} = \frac{2 \times \text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (6)$$

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{True Positives} + \text{True Negatives}}{\text{Total Instances}} \quad (7)$$

4.3 Results

Table 2 presents the results of the ResNet variants trained through transfer learning.

Table 2

Results of ResNet variants

ResNet/ Variants	Accuracy %	Precision %	Recall %	F1- Score %
18	89.81	86.79	85.23	85.79
34	90.67	88.51	86.00	86.85
50	92.40	91.29	89.93	90.50
101	91.19	89.39	88.08	88.62
152	92.23	90.16	89.04	89.48

The performance graphs and confusion matrices are displayed below.

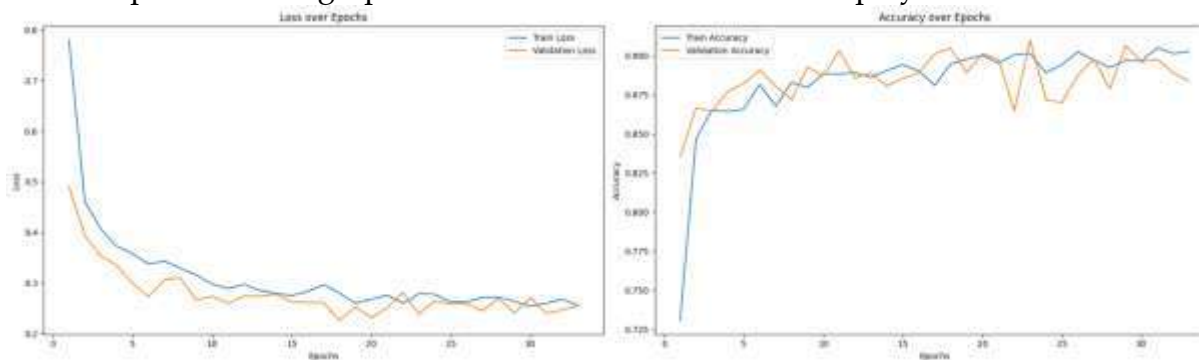


Fig. 8 Resnet 18 train graph

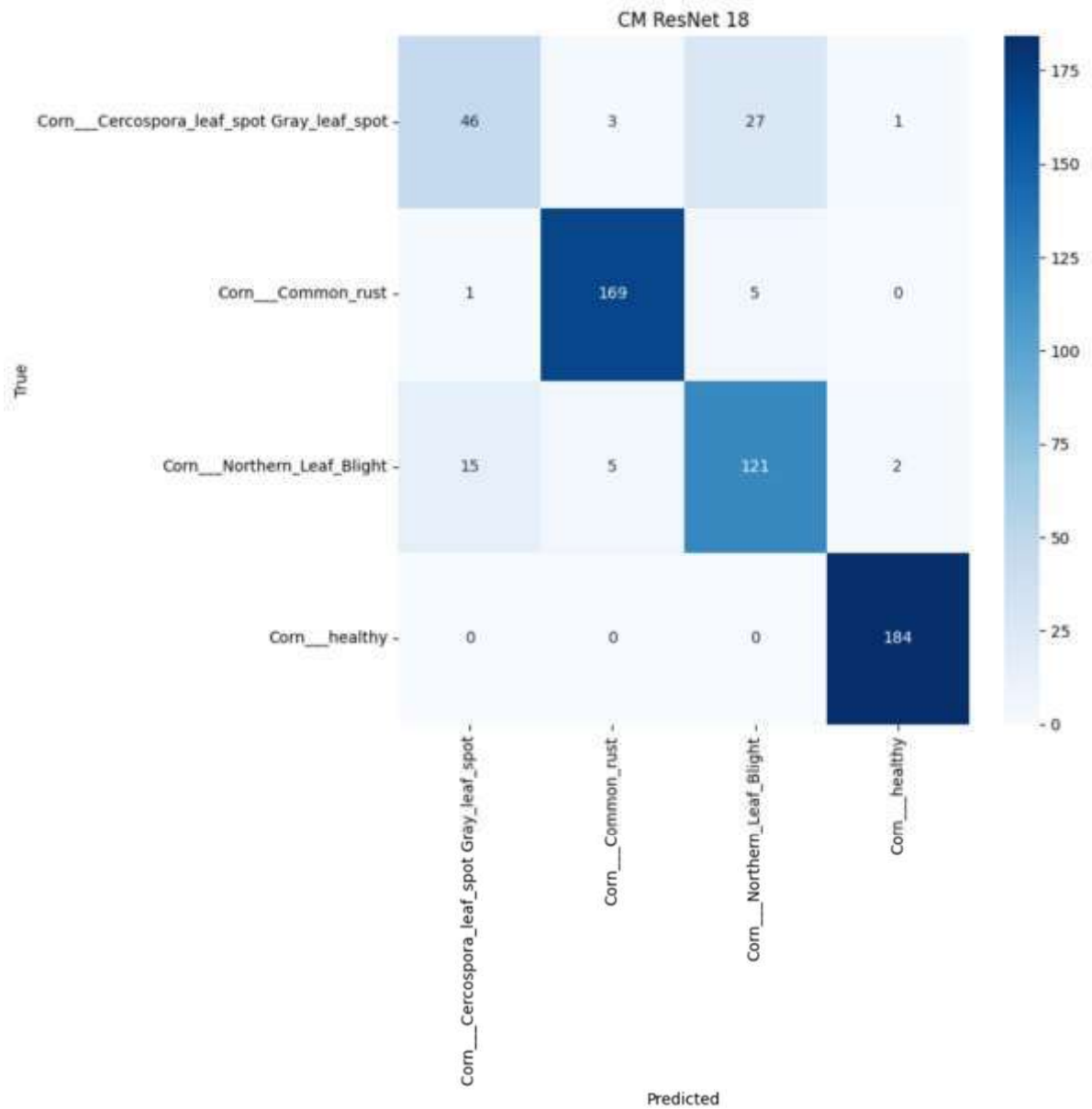


Fig. 9 ResNet 18 confusion matrices

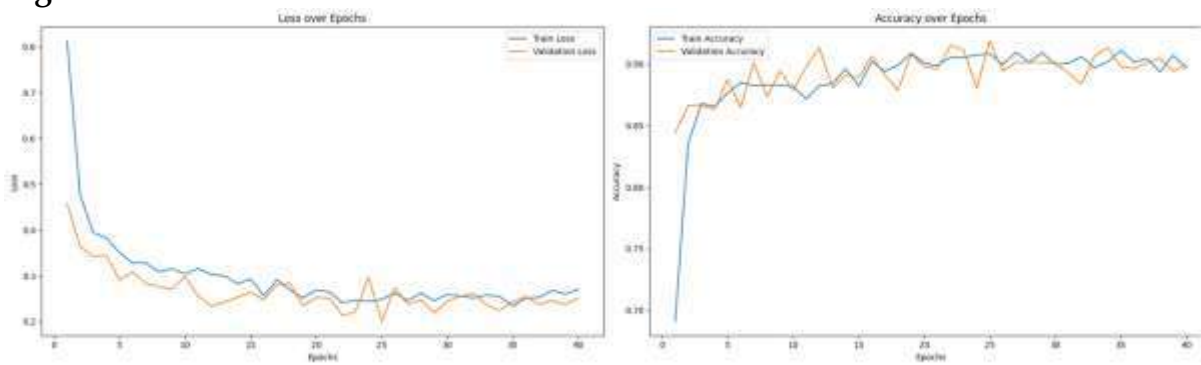


Fig. 10 ResNet 34 train graph

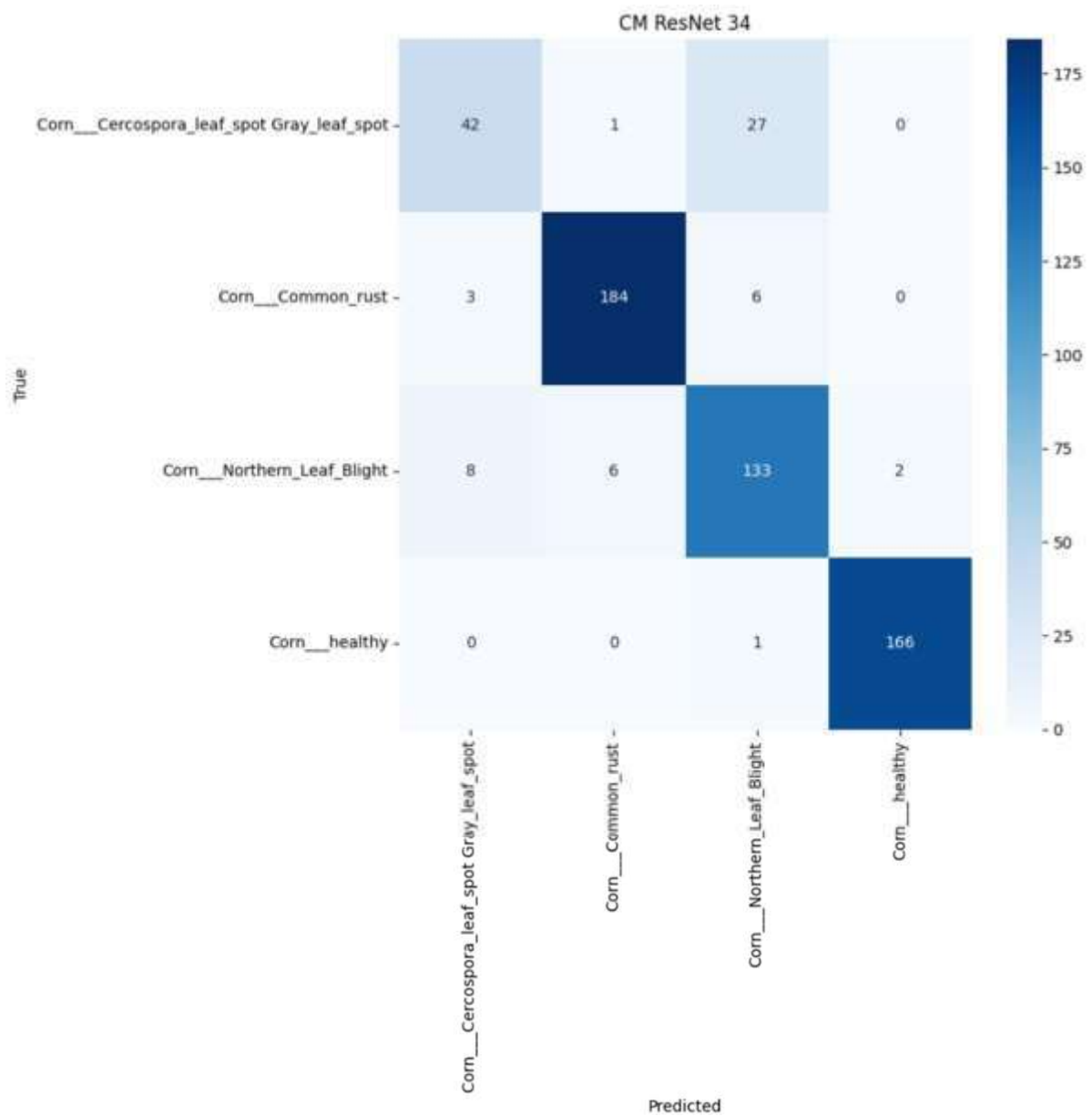


Fig. 11 ResNet 34 confusion matrices

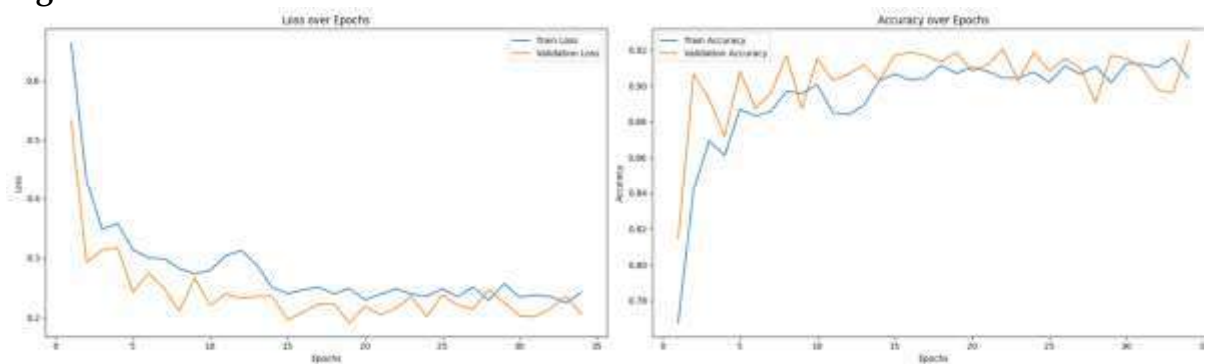


Fig. 12 ResNet 50 train graph

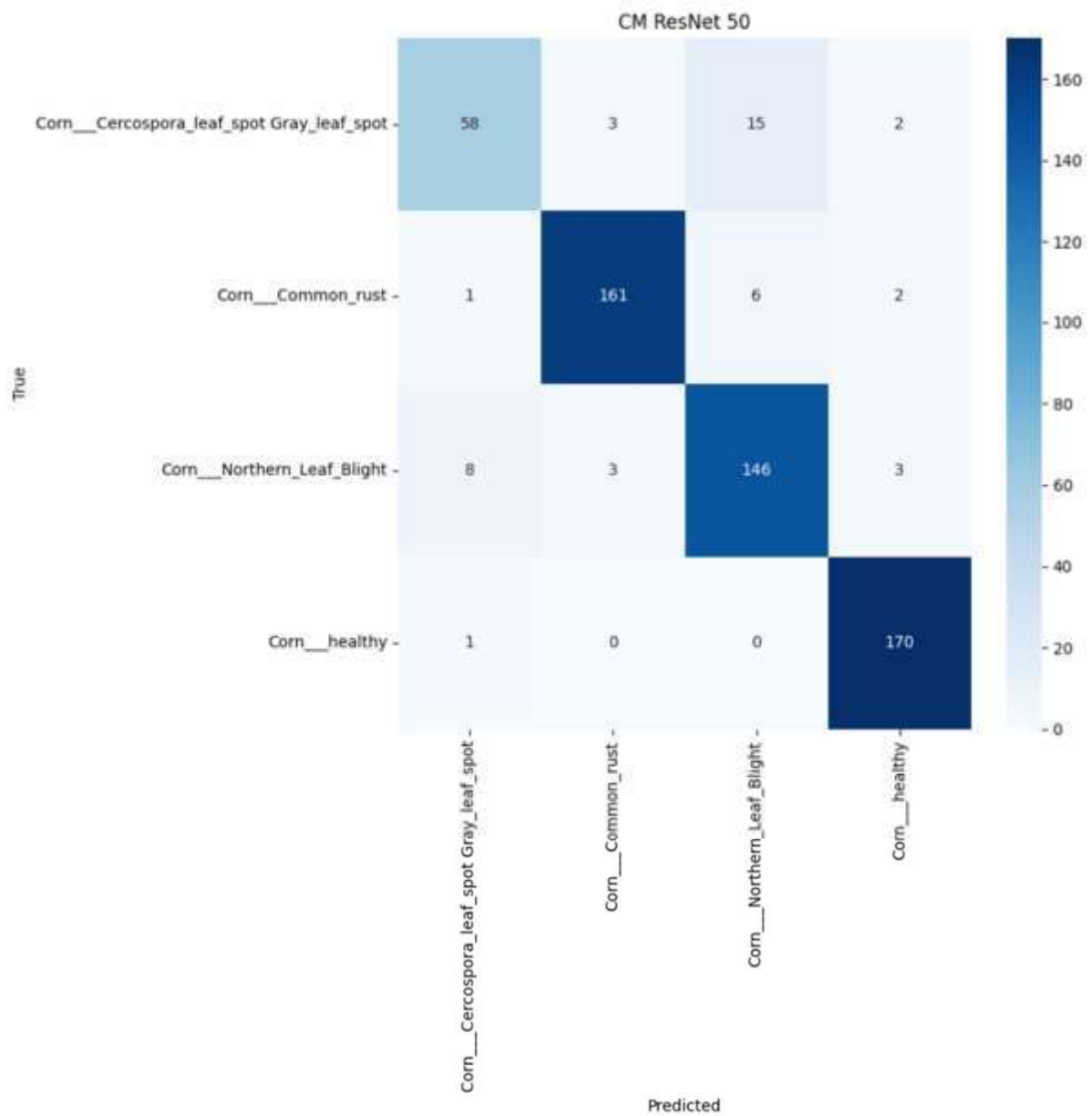


Fig. 13 ResNet 50 confusion matrices

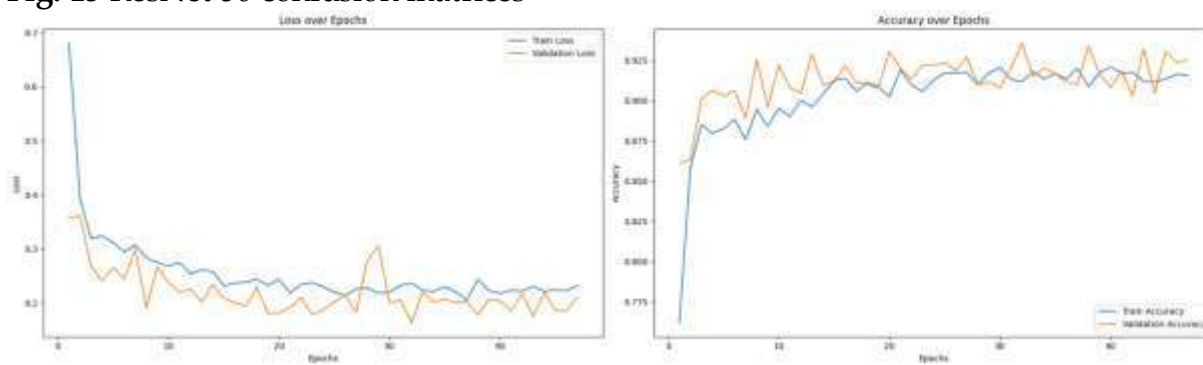


Fig. 14 ResNet 101 train graph

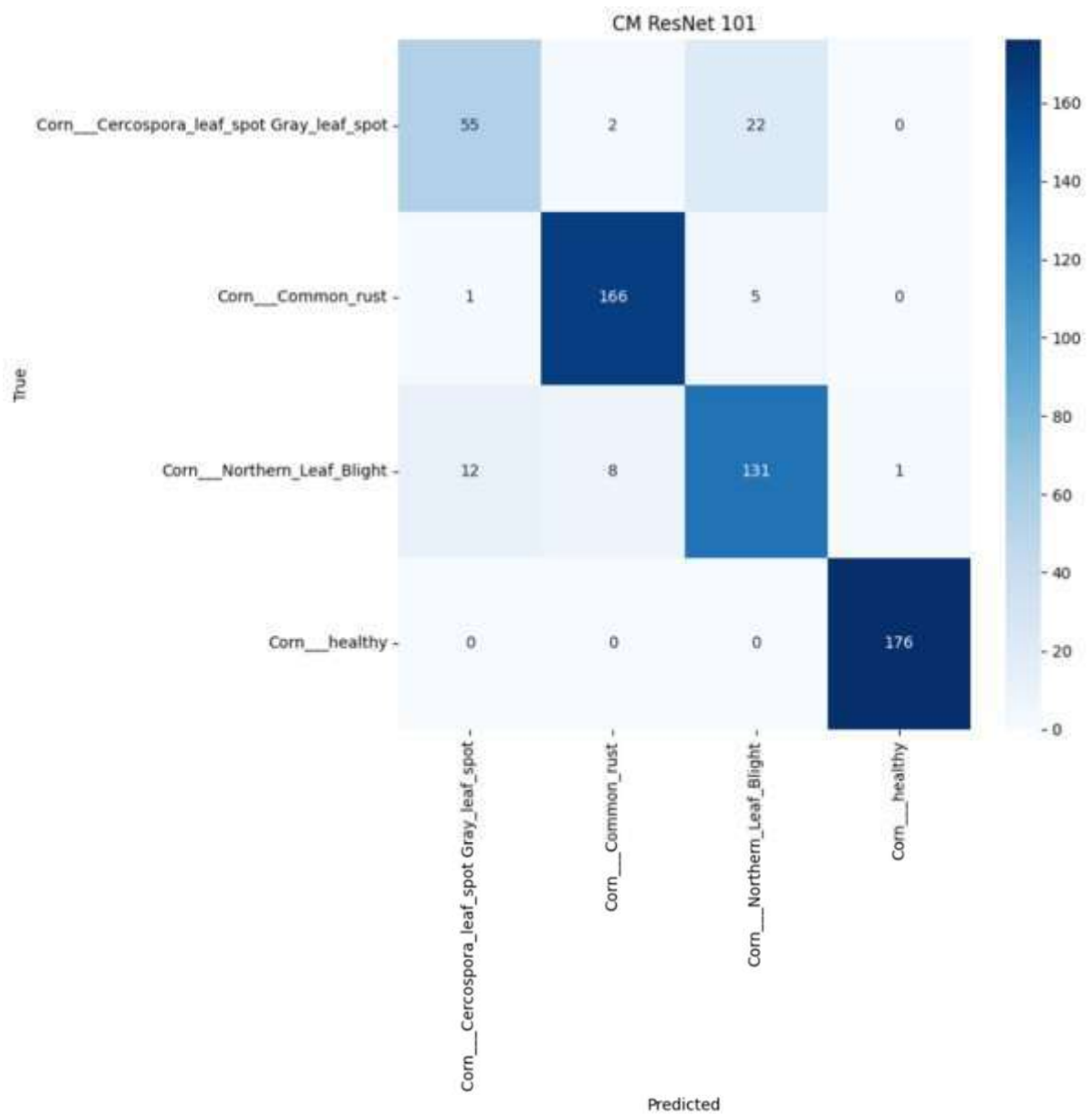


Fig. 15 ResNet 101 confusion matrices

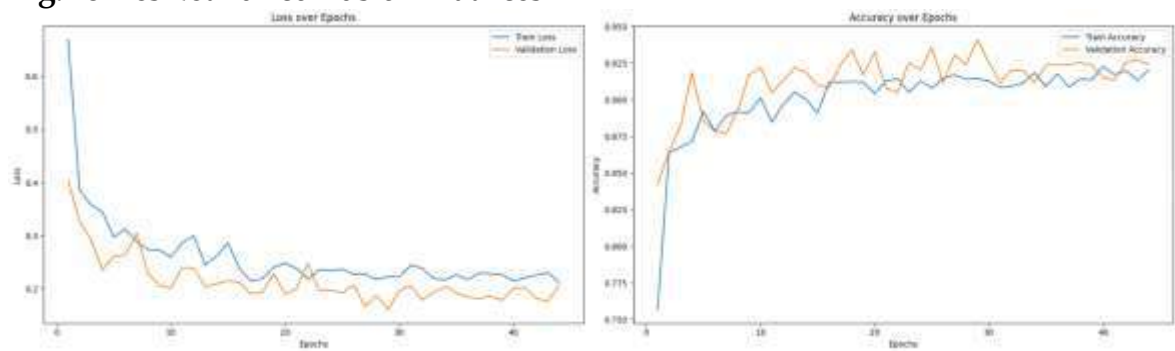


Fig. 16 Resnet 152 train graph

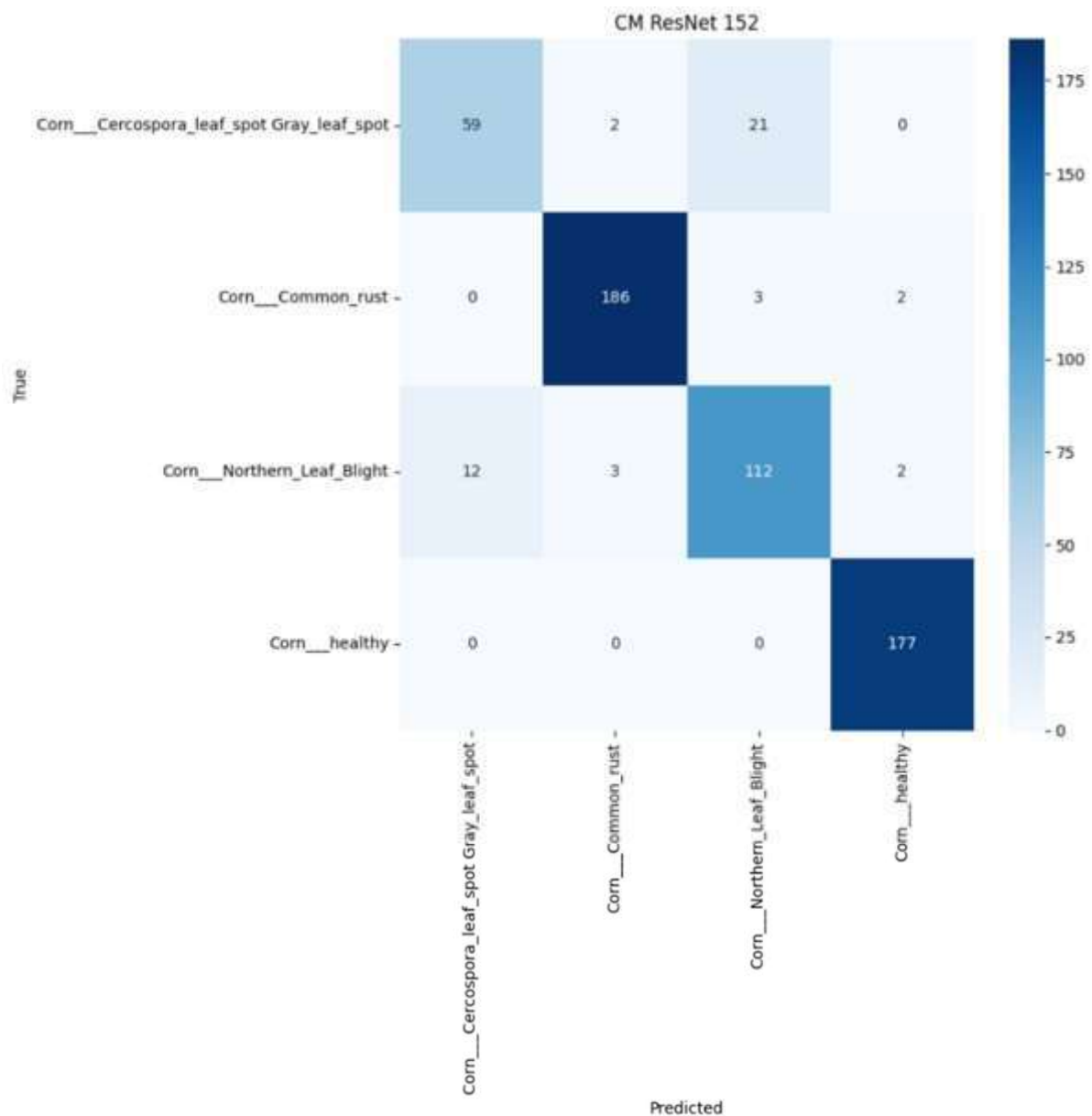


Fig. 17 ResNet 152 confusion matrices

5. Conclusion

In this study, we investigate ResNet architectures to automate the detection of corn leaf diseases. Five variants—ResNet 18, ResNet 34, ResNet 50, ResNet 101, and ResNet 152—were fine-tuned on the expert-annotated corn subset of the PlantVillage dataset. Among them, ResNet 50 achieved the best balance of capacity and generalization, reaching 92.40 percent accuracy, 91.29 percent precision, 89.93 percent recall, and a 90.50 percent F1 score. These results confirm that a moderately deep residual network can deliver robust, reproducible diagnoses while maintaining manageable computational demands.

The proposed pipeline transforms ordinary field photographs into rapid, objective assessments, enabling timely agronomic decisions that curb pathogen spread and protect yield. By reducing reliance on subjective visual scouting, the method supports cost-effective crop management, strengthens food security, and enhances farm profitability. Future work will emphasize on-device inference for real-time alerts and validation across diverse climates and cultivars, bringing deep learning-driven plant health monitoring closer to everyday agricultural practice.

REFERENCES

- [1] W. Zeng, H. Li, G. Hu, D. Liang, Lightweight dense-scale network (LDSNet) for corn leaf disease identification, *Comput Electron Agric* 197 (2022) 106943. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2022.106943>.
- [2] H.T. Thai, K.H. Le, N.L.T. Nguyen, FormerLeaf: An efficient vision transformer for Cassava Leaf Disease detection, *Comput Electron Agric* 204 (2023) 107518. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2022.107518>.
- [3] P.S. Thakur, P. Khanna, T. Sheorey, A. Ojha, Vision Transformer for Plant Disease Detection: PlantViT, *Communications in Computer and Information Science* 1567 CCIS (2022) 501–511. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11346-8_43.
- [4] I. Pacal, Enhancing crop productivity and sustainability through disease identification in maize leaves: Exploiting a large dataset with an advanced vision transformer model, *Expert Syst Appl* 238 (2024) 122099. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2023.122099>.
- [5] I. Pacal, G. Işık, Utilizing convolutional neural networks and vision transformers for precise corn leaf disease identification, *Neural Comput Appl* 37 (2024) 2479–2496. <https://doi.org/10.1007/S00521-024-10769-Z/TABLES/5>.
- [6] I. Pacal, I. Kunduracioglu, M.H. Alma, M. Deveci, S. Kadry, J. Nedoma, V. Slany, R. Martinek, A systematic review of deep learning techniques for plant diseases, *Artificial Intelligence Review* 2024 57:11 57 (2024) 1–39. <https://doi.org/10.1007/S10462-024-10944-7>.
- [7] X. Zhang, Y. Qiao, F. Meng, C. Fan, M. Zhang, Identification of maize leaf diseases using improved deep convolutional neural networks, *IEEE Access* 6 (2018) 30370–30377. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2844405>.
- [8] R. Ahila Priyadharshini, S. Arivazhagan, M. Arun, A. Mirnalini, Maize leaf disease classification using deep convolutional neural networks, *Neural Comput Appl* 31 (2019) 8887–8895. <https://doi.org/10.1007/S00521-019-04228-3/TABLES/8>.
- [9] S. qun PAN, J. fen QIAO, R. WANG, H. lin YU, C. WANG, K. TAYLOR, H. yu PAN, Intelligent diagnosis of northern corn leaf blight with deep learning model, *J Integr Agric* 21 (2022) 1094–1105. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(21\)63707-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(21)63707-3).
- [10] A. Waheed, M. Goyal, D. Gupta, A. Khanna, A.E. Hassanien, H.M. Pandey, An optimized dense convolutional neural network model for disease recognition

and classification in corn leaf, *Comput Electron Agric* 175 (2020) 105456. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2020.105456>.

- [11] J. Chen, J. Chen, D. Zhang, Y. Sun, Y.A. Nanekaran, Using deep transfer learning for image-based plant disease identification, *Comput Electron Agric* 173 (2020) 105393. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2020.105393>.
- [12] R. Meng, Z. Lv, J. Yan, G. Chen, F. Zhao, L. Zeng, B. Xu, Development of Spectral Disease Indices for Southern Corn Rust Detection and Severity Classification, *Remote Sensing* 2020, Vol. 12, Page 3233 12 (2020) 3233. <https://doi.org/10.3390/RS12193233>.
- [13] I. Pacal, MaxCervixT: A novel lightweight vision transformer-based Approach for precise cervical cancer detection, *Knowl Based Syst* 289 (2024) 111482. <https://doi.org/10.1016/J.KNOSYS.2024.111482>.
- [14] David.P. Hughes, M. Salathe, An open access repository of images on plant health to enable the development of mobile disease diagnostics, (2015). <https://arxiv.org/abs/1511.08060v2> (accessed April 20, 2025).
- [15] Y. Lecun, Y. Bengio, G. Hinton, Deep learning, *Nature* 2015 521:7553 521 (2015) 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>.
- [16] A. Karaman, I. Pacal, A. Basturk, B. Akay, U. Nalbantoglu, S. Coskun, O. Sahin, D. Karaboga, Robust real-time polyp detection system design based on YOLO algorithms by optimizing activation functions and hyper-parameters with artificial bee colony (ABC), *Expert Syst Appl* 221 (2023) 119741. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2023.119741>.
- [17] I. Pacal, A. Karaman, D. Karaboga, B. Akay, A. Basturk, U. Nalbantoglu, S. Coskun, An efficient real-time colonic polyp detection with YOLO algorithms trained by using negative samples and large datasets, *Comput Biol Med* 141 (2022) 105031. <https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2021.105031>.
- [18] I. Pacal, Enhancing crop productivity and sustainability through disease identification in maize leaves: Exploiting a large dataset with an advanced vision transformer model, *Expert Syst Appl* 238 (2024) 122099. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2023.122099>.
- [19] I. Pacal, D. Karaboga, A robust real-time deep learning based automatic polyp detection system, *Comput Biol Med* 134 (2021) 104519. <https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2021.104519>.
- [20] I. Pacal, D. Karaboga, A. Basturk, B. Akay, U. Nalbantoglu, A comprehensive review of deep learning in colon cancer, *Comput Biol Med* 126 (2020) 104003. <https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2020.104003>.
- [21] K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun, Deep Residual Learning for Image Recognition, (2015). <http://arxiv.org/abs/1512.03385>.

NAXÇIVAN MR-DƏ LANDŞAFT TƏDQIQATLARI ZAMANI MƏKAN VERİLƏNLƏR BAZASININ İDARƏ EDİLMƏSİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206338>

Leyla İBRAHİMOVA

leylaibrahimova@ndu.edu.az

Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

XÜLASƏ

Məqalədə məkan məlumatlarının müasir üsullar əsasında işlənməsi və xəritələndirilməsi araşdırılmışdır. Bu zaman həm vektor, həm də raster verilənlərdən istifadə olunmuşdur. Tədqiqatın məlumat bazasını peyk təsvirləri, sahə tədqiqatlarının nəticələri və mövcud ədəbiyyat təşkil edir. Bu kontekstdə Naxçıvan Muxtar Respublikasının müxtəlif xəritələri tərtib edilmişdir.

Açar sözlər: *Naxçıvan MR, landşaft, CBS, məlumat bazası, peyk təsvirləri*

Giriş. Coğrafi İnformasiya Sistemi (CİS) Yer səthindəki mövqelərlə bağlı məlumatları əldə etmək, saxlamaq, emal etmək və nümayiş etdirmək üçün bir kompüter sistemidir. CİS bir xəritədə küçələr, binalar və bitki örtüyü kimi çoxlu müxtəlif növ məlumatları göstərə bilər. Bu, insanlara nümunələri və münasibətləri daha asan görmək, təhlil etmək və anlamaq imkanı verir.

Son on ildə innovativ hesablama texnologiyaları və yeni proqram təminatı CİS-i mərkəzləşdirilmiş, funksiya yönümlü Coğrafi İnformasiya Sistemlərindən paylanmış, istifadəçi mərkəzli Geoməkan İnformasiya Xidmətlərinə çevirmişdir (Bababəyli, 2009). Bir çox yeni veb-xidmətlər, açıq məlumatlar, böyük verilənlər, geoməkan kiberinfrastruktur, mobil proqramlar və veb xəritə tətbiqi proqramlaşdırma interfeysləri CİS ekosisteminin əsas komponentlərinə çevrilmişdir. Coğrafi İnformasiya Elminin fundamental biliyi də kəskin şəkildə dəyişir. CİS verilənlər bazaları əlaqəli verilənlər bazalarından NoSQL verilənlər bazalarına keçmişdir. Məlumat toplama üsulları kağız əsaslı rəqəmsallaşdırma prosedurlarından GPS izləmə, könüllü coğrafi məlumat və kraudsorsinqə dəyişmişdir. CİS proqram təminatı masaüstü müstəqil proqramlardan mobil proqram dizaynına, bulud əsaslı veb xidmətlərə çevrilir (İbrahimova, 2022). CİS-in gələcək texnoloji irəliləyişlərini ətraflı təsvir etməzdən əvvəl, CİS-in üç aspektinin və onlarla əlaqəli məzmunun aydın izahını verə bilərik:

- CİS coğrafi informasiya sistemlərinin və ya coğrafi informasiya xidmətlərinin və ya coğrafi informasiya elminin abbreviaturasıdır. Bu, çoxşaxəli tədqiqat və texnologiya sahəsi və coğrafi-məkan texnologiyaları, tətbiqləri və biliklərini təsvir etmək üçün ümumiləşdirilmiş konsepsiyadır.

- Coğrafi İnformasiya Sistemləri xəritəçəkmə və məkan təhlili funksiyalarını həyata keçirmək üçün hesablama proqram təminatı, avadanlığının inkişafına diqqət yetirir. İş vaxtı performansı, sistem arxitekturası, məlumat prosesinin axını, geokodlaşdırma, istifadəçi interfeysinin dizaynı və verilənlər bazasının idarə edilməsi CİS sistemlərinin inkişafı üçün bir neçə əsas məsələdir.

- Geoməkan İnformasiya Xidmətləri CİS-in xidmət perspektivini təmsil edir, yəni internet və ya mobil cihazlar üzərindən son istifadəçilərə geoməkan məlumatı, xəritəçəkmə xidmətləri və məkan analizi alətlərini çatdırır.

- Coğrafi İnformasiya Elmi coğrafi prosesləri, əlaqələri və qanunauyğunluqları anlamaq üçün nəzəriyyələrin, metodların, texnologiyanın və məlumatların inkişafı və istifadəsidir.

•Geoməkan kiberinfrastruktur paylanmış yüksək performanslı coğrafi hesablama resurslarının, hərtərəfli coğrafi məlumatların əhatə dairəsinin, simsiz mobil şəbəkələrin, real vaxt rejimində coğrafi etiketli məlumatların, coğrafi email veb xidmətlərinin və coğrafi biliklərin birləşməsidir (Amanova, Hacıyeva, 2023).

Gələcək CİS inkişafının əsas hərəkətverici qüvvəsi sürətli və möhkəm CİS sistemləri işə sala bilən, ağıllı GIS xidmətləri təmin edə bilən və GIScience-i xüsusi elmi intizamdan məlumat elmini, kompüter elmlərini və coğrafiyanı birləşdirən mühüm tədqiqat sahəsinə çevirə bilən geoməkan kiberinfrastrukturunun inkişafı olacaqdır (Babayev, 1999).

Müzakirə. Verilənlər bazasının idarə edilməsi CİS (Coğrafi İnformasiya Sistemləri) üçün vacibdir, çünki o, böyük həcmdə məkan və qeyri-məkan məlumatlarının dəqiq saxlanılmasını, təşkilini və asanlıqla əldə edilməsini təmin edir.

Bu CİS mütəxəssislərinə aşağıdakı imkanları təqdim edir:

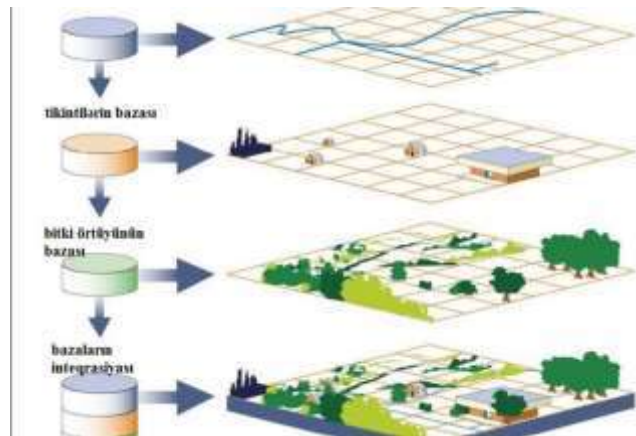
Məlumatların bütövlüyünü qorumaq: etibarlı coğrafi təhlil, xəritəçəkmə, ətraf mühitin öyrənilməsi və ya şəhər planlaşdırmasında səhvləri minimuma endirmək üçün dəqiq, müasir məlumatlar çox vacibdir.

Effektiv məlumat axtarışını aktivləşdirmək: yaxşı idarə olunan verilənlər bazaları fəlakətin idarə edilməsi və ya real vaxt rejimində nəqliyyatın monitorinqi kimi zamana həssas ssenarilərdə qərarların qəbulunu sürətləndirərək məkan məlumatlarına sürətli çıxış təmin edir.

Kompleks sorğuları və təhlilləri dəstəkləmək: CİS sistemləri çox vaxt mürəkkəb əməliyyatlar tələb edən (məsələn, ən yaxın su mənbəyini tapmaq) böyük məlumat dəstlərini idarə edir. Effektiv verilənlər bazası idarə edilməsi bu sorğuların səmərəli şəkildə işlənməsini təmin edir (Alıyev, 2015).

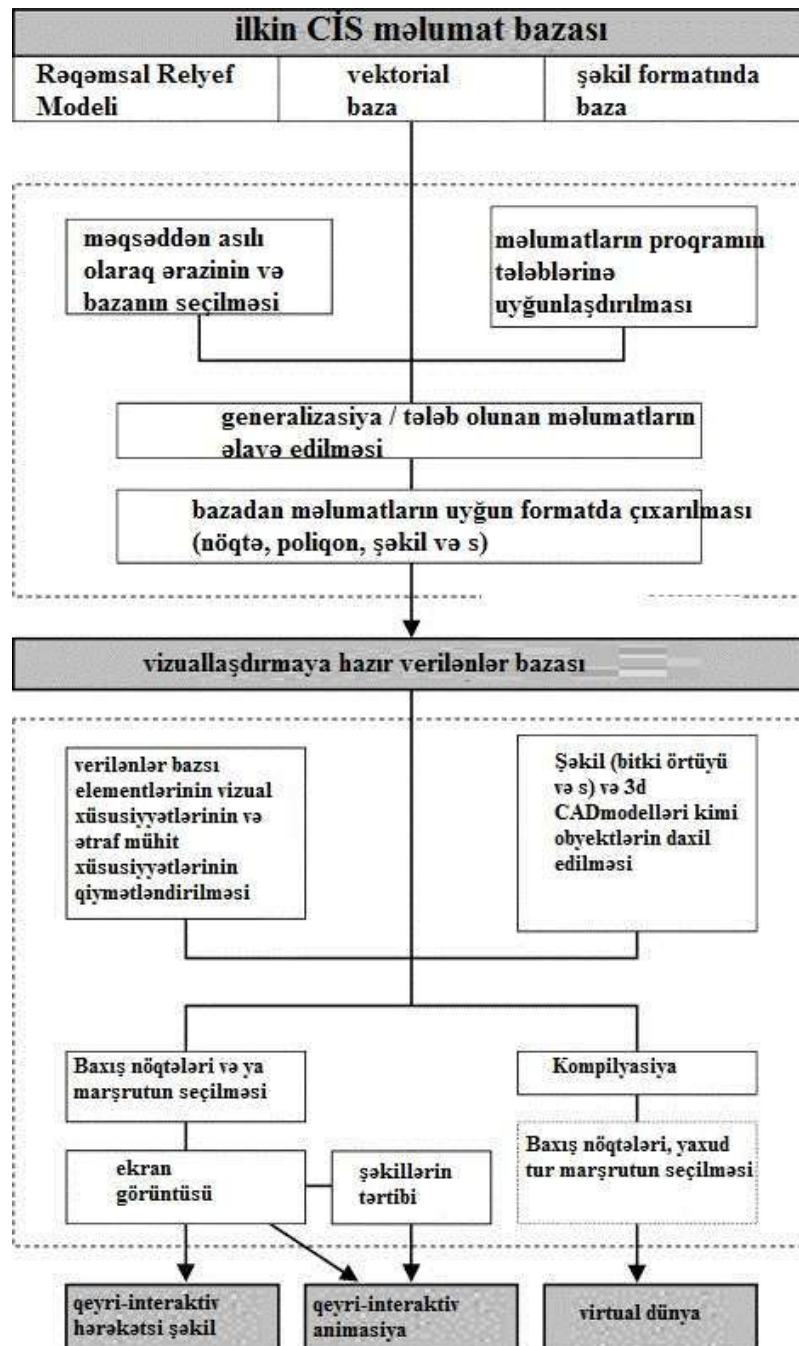
Əməkdaşlığı asanlaşdırmaq: mərkəzləşdirilmiş, yaxşı saxlanılan CİS verilənlər bazası komandalara məlumatlara problemsiz daxil olmaq və paylaşmaq imkanı verir, şəhərsalma, ətraf mühit agentlikləri və ictimai təhlükəsizlik kimi şöbələr arasında əməkdaşlığı təkmilləşdirir.

CİS-də verilənlər bazası şəkil və vektorizasiya (nöqtə, xətt, sahə) formatında olur. Bu məlumatlar daha sonra integrasiya edilir və məqsəddən asılı olaraq müxtəlif tematik xəritələr tərtib edilir (Şəkil 1).



Şəkil 1. CİS-də verilənlərin integrasiyası

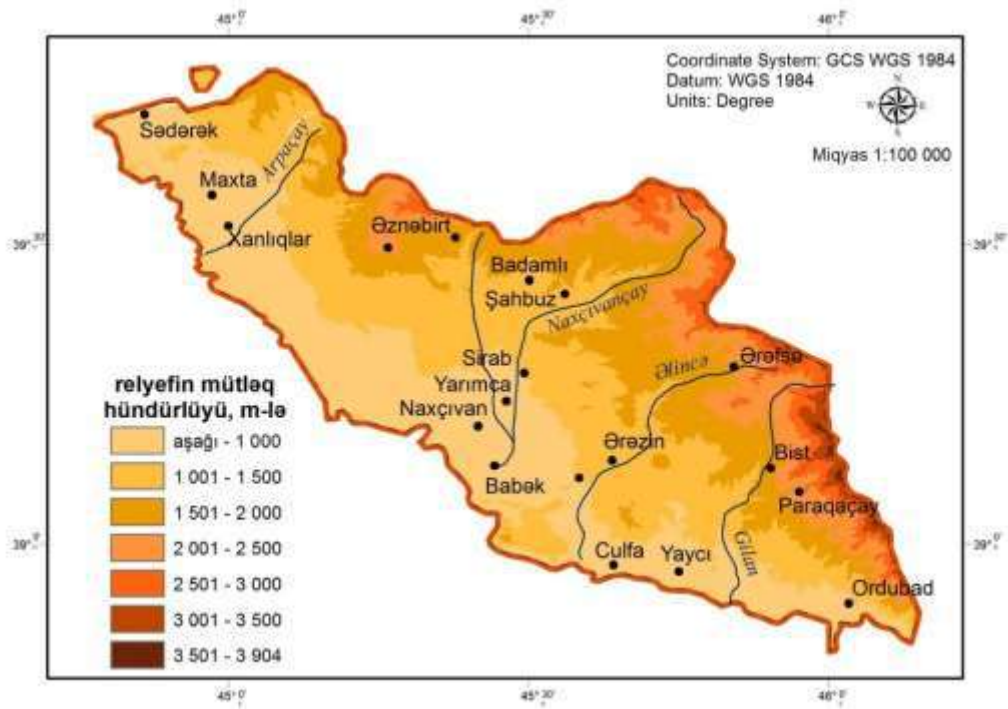
Qeyd etdiyimiz kimi verilənlər şəkil formatında ola bilər. Bura xüsusilə də ərazinin Rəqəmsal Relyef Modelini aid edə bilərik (Şəkil 2).



Şəkil 2. CİS verilənlər bazalarından görüntülərin(xəritə, animasiya və s) yaradılması prosesi

Peyk şəkillərinin dəşirflənməsi Yerin landşaft sferasının tipoloji, regional və paragenetik komplekslərinin əldə etməyə imkan yaradır. Bu tədqiqatların aparılmasının iki yolu vardır: vizual və avtomatlaşdırılmış dəşirflənmə. Vizual dəşirflənmə kosmik şəkillərdəki rəng tonlarına görə müəyyən edilir.

Biz tədqiqat zamanı Naxçıvan MR-in Coğrafi İnformasiya Bazasını yaratmışıq. Bu zaman bitki örtüyü, torpaq örtüyü, landşaftları tədqiq etmişik. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində müxtəlif xəritələr tərtib edərək analizlər aparmışıq. Tədqiqat ərazisinin Rəqəmsal Relyef Modeli əsasında tədqiqat ərazisinin hündürlük xəritəsini tərtib etmişik (Şəkil 3). Bu zaman 7 qradasiya ayrılmışdır: aşağı-1000 m, 1000-1500 m, 1500-2000 m, 2000-2500 m, 2500-3000 m, 3000-3500 m, 3500-3904 m.



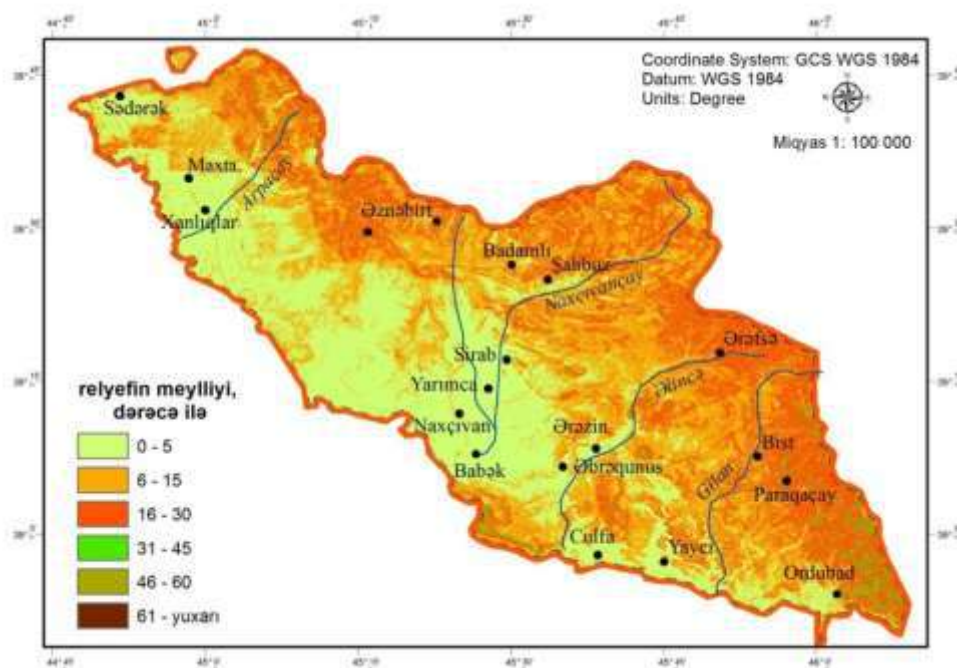
Şəkil 3. Naxçıvan MR-in hipsometrik hündürlük xəritəsi

Rəqəmsal Relyef Modeli ərazidə yamacların baxarlılıq xəritəsini tərtib etmişik. Bu zaman ArcGIS proqramında mövcud olan alətlər dəstindən istifadə etmişik (Şəkil 4). Bu zaman 8 qradasiya ayrılmışdır: şimal-şərq, şərq, cənub-şərq, cənub, cənub-qərb, qərb, şimal-qərb, şimal istiqamətli yamaclar.



Şəkil 4. Naxçıvan MR-də yamacların baxarlılıq xəritəsi

Rəqəmsal Relyef Modeli həmçinin ərazidə yamacların meyliyi xəritəsinin tərtibində də istifadə edilmişdir (Şəkil 5). Yamacların meyliyi tədqiqi zamanı 6 qradasiya ayrılmışdır: 0-5°, 6-15°, 16-30°, 31-45°, 46-60°, 61°-yuxarı.



Şəkil 5. Naxçıvan MR-də yamacların meyillik xəritəsi

Nəticə. Tədqiqat nəticəsində aşağıdakı nəticələr əldə edilmişdir.

1001-1500 m hündürlükdə yerləşən ərazilər 31,4%, 1501-2000 m hündürlükdə yerləşən ərazilər 19%, 2001-2500 m hündürlükdə yerləşən ərazilər 10%, 2501-3000 m hündürlükdəki ərazilər 5%, 3001-3500 m hündürlükdə yerləşən ərazilər isə cəmi 1,4% təşkil edir.

Tədqiqat ərazisinin əksər hissəsini (20,4%) 112.5-157.5-lik azimutlar, yəni cənub-şərq, ən az hissəsini (5,8%) isə 337.5-22.5 azimutlu şimal baxarlı yamaclar təşkil edir.

ƏDƏBİYYAT

1. Alıyev, E.M. (2015). Yüksək ayırdetməli aerokosmik məlumatlar əsasında daşınmaz əmlakın geoinformasiya analizi. Informasiya Texnologiyaları Problemləri. №2. 76–87
2. Babayev, S.Y. (1999). Naxçıvan Muxtar Respublikasının coğrafiyası. Bakı: Elm. 298 s.
3. Bababəyli, N.S. (2009). Arazboyunda landşaftın deqradasiya problemləri. Naxçıvan: tarixi gerçəklik, müasir durum, inkişaf perspektivləri. 378-381.
4. İbrahimova, L.P. (2022). Naxçıvan Muxtar Respublikasının landşaftlarında aqrosenozlərin inkişafının yaratdığı dəyişikliklər. Coğrafiya və təbii resurslar. №3. 150-159
5. Amanova, S., Hacıyeva, G. (2023). Investigation of Natural Condition in Urban Landscapes of Plain Areas Based on GIS. Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences, 76(11), 1679–1989. <https://doi.org/10.7546/CRABS.2023.11.05>

ABSTRACT

Leyla IBRAHIMOVA

MANAGEMENT OF SPATIAL DATA BASE DURING LANDSCAPE RESEARCH IN NAKHCHIVAN AR

The article studies the processing of spatial data and their mapping based on modern methods. In this case, we used both vector and raster data. The database of the study is made up

of satellite images, results of field research and available literature. In this case, we compiled various maps of the Nakhchivan Autonomous Republic.

Keywords: *Nakhchivan AR, landscape, GIS, database, satellite images*

АННОТАЦИЯ

Лейла ИБРАГИМОВА

УПРАВЛЕНИЕ БАЗОЙ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ВО ВРЕМЯ ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В НАР

В статье рассматривается обработка пространственных данных и их картографирование на основе современных методов. На этот раз мы использовали как векторные, так и растровые данные. База данных исследования состоит из спутниковых снимков, результатов полевых исследований и доступной литературы. В настоящее время нами составлены различные карты Нахчыванской Автономной Республики.

Ключевые слова: *Нахчыванский АР, ландшафт, ГИС, база данных, спутниковые снимки*

FÖVQƏLADƏ HALLARIN İDARƏ EDİLMƏSİNDƏ PEYK GÖRÜNTÜLƏRİNİN İSTİFADƏ EDİLMƏSİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206451>

Leyla MURADXANLI

leyla.muradkhanli@bhos.edu.az

ORCID ID: 0000-0001-6149-4698

Bakı Ali Neft Məktəbi, Bakı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Məqalədə peyk şəkillərindən fəvqəladə hallarda necə istifadə edilməsi göstərilmişdir. Peyk görüntülərinin təhlili torpaq örtüyünün təsnifatı, bitki örtüyünün sağlamlığının qiymətləndirilməsi, meşə yanğınlarının aşkar edilməsinə imkan verir. Fəvqəladə hadisənin idarə edilməsinin bütün mərhələlərində (hadisədən əvvəl, hadisə zamanı və hadisədən sonra) fəlakətin qarşısının alınmasından zərərin təhlilinə və yenidənqurma monitorinqinə qədər bütün mərhələlərdə peyk görüntülərindən necə istifadə edilməsi göstərilmişdir.

Peyk Görüntülərinin təhlil edilməsi üçün Python proqramlaşdırma dilindən istifadə olunmuşdur. Fəvqəladə hallara cavab vermək üçün peyk görüntülərindən istifadə etməyin üstünlükləri göstərilmişdir.

Açar sözlər: Fəvqəladə hallar, təbii fəlakətlər, peyk görüntüləri, təsvirlərin emalı, Python proqramlaşdırma dili

GİRİŞ

Fəvqəladə halların idarə edilməsinin məqsədi insanların təhlükəsizliyini qorumaq və fəvqəladə halların vurduğu zərəri minimuma endirməkdir. Fəvqəladə hallara yanğın, kimyəvi hadisələr, bioloji və nüvə insidentləri, terror aktları, kommunal xidmətlərin təchizatı ilə bağlı fəvqəladə hallar, dənizdə fəvqəladə hal və s. aiddir.

Fəvqəladə halların idarə edilməsinin əsas mərhələləri bunlardır (Şəkil 1.):

1. Qarşısının alınması / Hadisədən əvvəl və sonra görülməli tədbirlər.
2. Təsirlərin azaldılması / Hadisədən əvvəl və sonra görülməli tədbirlər.
3. Hazırlıq / Tədbirdən əvvəl və sonra görülməli tədbirlər.
4. Cavab tədbirləri / Hadisə zamanı və dərhal sonra görülməli tədbirlər.
5. Bərpa / Fəlakətdən sonrakı tədbirlər (fəlakətdən sonra uzun müddət).

(Muradxanlı, 2022, s.179-183).



Şəkil 1. Fövqəladə halların idarə edilməsinin əsas mərhələləri

Fövqəladə halların aradan qaldırılması və idarə olunması üçün peyk görüntülərindən istifadə əvəzsizdir. Həm optik, həm də Sintetik Aperture Radar (SAR) təsvirləri fəlakətlər baş verdikdə xilasedicilərə insanların həyatını xilas etməyə kömək edir, zərərin qiymətləndirilməsinə kömək edir və bir çox hallarda fəvqəladə halların qarşısının alınmasına və proqnozlaşdırılmasına kömək edir (Vikipediya).

MATERIAL VƏ METODLAR

Uzaqdan zondlama fəvqəladə hadisənin idarə edilməsinin bütün mərhələlərində mühüm rol oynayır: hadisədən əvvəl, hadisə zamanı və hadisədən sonra. Fəlakətin qarşısının alınmasından zərərin təhlilinə və yenidənqurma monitorinqinə qədər bütün mərhələlərə nəzər salaq.

Hadisədən əvvəl

Risqləri başa düşməklə müəyyən növ fəlakətləri proqnozlaşdırmaq olar. Məsələn, peyk görüntüləri daşqın riskinin idarə edilməsində və proqnozlaşdırılmasında mühüm rol oynayır. Torpağın rütubəti, torpağın teksturası və suyun süzülməsinə və axmasına təsir edən digər torpaq xassələri haqqında qiymətli məlumatları üzə çıxaran torpaq analizini aparmaq üçün multispektral şəkillərdən istifadə edə bilərik. Peyk görüntülərindən yaradılmış 3D modellər ərazini təhlil etmək və hansı ərazilərin daşqın riski altında olduğunu qiymətləndirmək üçün istifadə edilə bilər.

Bütün fəlakətləri dəqiq proqnozlaşdırmaq və qarşısını almaq mümkün olmasa da, fəvqəladə hadisə baş verərsə onlara hazır ola bilərik. Peyk şəkilləri və 3D modellər evakuasiya marşrutlarının planlaşdırılması üçün dəyərli alətlərdir.

Hadisə zamanı

Təbii fəlakətlər və ya digər fəvqəladə hallar baş verdikdə, görüntüləri sürətlə toplamaq və ərazidən əlaqə yaratmaq çox vacibdir. Bu görüntülərdən xəritələr yaratmaq, yardım resurslarının ayrılmasını planlaşdırmaq, kritik infrastrukturun vəziyyətini nəzərdən keçirmək,

uyğun evakuasiya marşrutlarını seçmək və fəlakətlərə cavab verən qrupların səmərəli şəkildə yerləşdirilməsinə kömək etmək üçün istifadə edilir.

Fövqəladə hallar zamanı peyk görüntülərindən istifadə aşağıdakı suallara cavab verməyə kömək edə bilər:

- Hər bir ərazidə nə qədər xilasedici lazımdır?
- Hazırda hansı evakuasiya marşrutlarında maneələr var?
- Bu yer helikopter enişi üçün uyğundurmu?
- Meşə yanğını hələ də aktivdirmi?
- Neçə insan təxliyə edilməlidir?
- Müvəqqəti tibb müəssisələrini harada qura bilərik?
- Yanğın hansı istiqamətdə gedir?
- Qarşısının alınması lazım olan təhlükəli materialın dağılması varmı?
- Baza düşərgələrinin yaradılması üçün hansı ərazilər təhlükəsizdir?
- Su təchizatı sistemlərində hər hansı nasazlıqlar varmı?
- Elektrik xətləri zədələnibmi?

Aşağıdakı peyk görüntüsü zəlzələdən sonra evakuasiya yolunun bağlandığını göstərir (Şəkil 2). Bunun sayəsində xilasedicilər evakuasiya üçün hansı yollardan istifadə oluna biləcəyini bilirlər (Avropa Kosmik Görüntüləri).



Şəkil 2. Peyk görüntüləri © 2024 Maxar Texnologiyaları Avropa Kosmik Görüntüləri tərəfindən təmin edilmişdir.

Hadisədən sonra

Zərərin Qiymətləndirilməsi

Əgər təbii fəlakətlər nəticəsində dağılmış böyük əraziləri tədqiq etsək, bu, günlər çəkərdi. Buna görə də analitiklər tez-tez zərərin dərəcəsini və miqyasını qiymətləndirmək və zərər xəritələrini yaratmaq üçün peyk görüntülərindən istifadə edirlər. Peyk görüntüləri arxivinə çıxışla hadisədən əvvəl və sonrakı ərazinin şəkillərini müqayisə etmək asandır, bu da fəvqəladə

halların idarə edilməsi təşkilatlarına fəvqəladə halın təsirini və onun ətraf mühitə təsirini tez başa düşməyə kömək edir.

Yenidənqurma İşlərinin Monitorinqi

Zərərin miqyası aydın olduqdan sonra, peyk şəkilləri yenidənqurma işlərinin monitorinqi üçün istifadə edilə bilər. Məqsəd binaların və kritik infrastrukturların yenidən qurulması vəziyyətini qiymətləndirmək, ərazilərdəki dəyişiklikləri qiymətləndirmək və yenidənqurma layihəsinə rəhbərlik etməkdir.

Bununla belə, bir çox üstünlüklərə baxmayaraq, bu tətbiqin bir sıra məhdudiyyətləri də var. Xüsusilə hündür binaları və dar küçələri olan sıx şəhər landşaftlarında görmə qabiliyyəti azala bilər, kiçik miqyaslı zədələri tanımaq çətindir və binaların daxilində zərərin təhlili mümkün deyil. Məsafədən zondlamanın digər üsullarla, məsələn, çöl tədqiqatları ilə birləşməsi idealdır.

NƏTİCƏLƏR

Peyk Görüntülərinin təhlil edilməsi üçün Python proqramlaşdırma dilindən istifadə olunmuşdur. Python proqramlaşdırma dili peyk görüntülərinin sürətli və effektiv emalı üçün zəngin kitabxana və modullara malikdir. Pythonun rasterio, numpy və matplotlib kimi modullarından istifadə etməklə peyk şəkillərini asanlıqla emal edə, göstərə və təhlil edə bilərik. Peyk görüntülərinin təhlili üçün Pythonun istifadəsinin əsas üstünlüklərindən biri onun geniş məlumat emalı modullarıdır. Rasterio modulu rastr məlumatlarını oxumaq və dəyişdirmək üçün sadə interfeysə malikdir ki, bu da onu peyk təsvirləri faylları ilə işləmək üçün əlverişli edir.

Numpy modulu elmi hesablama və verilənlər analizi üçün istifadə olunan açıq mənbəli bir kitabxanadır. O, çox böyük və çoxölçülü verilənlər strukturlarının idarə edilməsi və bu verilənlər üzərində effektiv riyazi əməliyyatların yerinə yetirilməsi üçün güclü vasitələr təqdim edir. Numpy modulu peyk görüntülərindəki şəkil verilənləri üzərində hesablamalar və statistika aparmaq üçün mürəkkəb massiv əməliyyatlarını təmin edir.

Matplotlib məlumatların vizuallaşdırılması üçün Python kitabxanasıdır. Matplotlib həmçinin analitik nəticələrin təsviri və ünsiyyətində kömək etmək üçün müvafiq vizuallar yaratmağa imkan verir.

Məqalədə peyk fotoşəkillərinin emalı, təsvir məlumatlarının vizuallaşdırılması, məlumatların analizi və s. nəzərdən keçirilmişdir.

MÜZAKİRƏ

Peyklər heç bir relyef məhdudiyyəti olmadan böyük ərazilərdə çox yüksək ayırdetmə təsvirlərini tez bir zamanda çəkmə və çatdırma bilər. Həmçinin, onlar insan gözlərinin görə bilmədiyi, bəzi hallarda buludlara və tüstülərə nüfuz edə bilməyən əlavə məlumat verə bilərlər. Fəvqəladə hallara cavab vermək üçün peyk görüntülərindən istifadə etməyin üstünlükləri bunlardır :

Sürətli Çatdırılma

Hərəkət etmək və insanların həyatını xilas etmək üçün sizə mümkün qədər tez məlumat lazımdır. Peyklər isə hər hansı digər üsuldan daha sürətlidir. Onlar bir neçə dəqiqə ərzində geniş əraziləri toplaya və sonra məlumatları qısa müddətdə sizə çatdırma bilərlər.

Çox Yüksək Rezolyusiya

Yalnız sürət deyil, həm də məlumatların keyfiyyəti çox vacibdir. Çox yüksək rezolyusiyaya malik peyk şəkillərində ayrı-ayrı bitkilər, elektrik xətləri və ya nəqliyyat vasitələri kimi detalları görə bilərik.

Bütün Ərazilərə Asan Çıxış

Peyk çəkilişlərinin digər əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, o, relyefindən asılı olmayaraq bütün ərazilərə asanlıqla daxil ola bilir. Bu, ucqar zonalar, dağlıq bölgələr və ya fəlakət səbəbindən giriş çətin olan ərazilər üçün xüsusilə vacibdir.

Geniş Ölçülü Kolleksiya

Peyklərin geniş ərazilərdə təsvirləri toplamaq qabiliyyəti fəvqəladə hallar üçün çox vacibdir; meşə yanğınları, daşqınlar və digər təbii fəlakətlər yüzrlə kvadrat kilometr əraziyə təsir edə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Avropa Kosmik Görüntüləri
<https://www.euspaceimaging.com/blog/2024/07/01/satellite-imagery-for-emergency-management/>
2. Muradxanlı L. Fəvqəladə hallar və fəlakətlərin intellektual idarəetmə sistemi Riyaziyyatın fundamental problemləri və intellektual texnologiyaların təhsildə tətbiqi, II Respublika elmi konfransı, Sumqayıt, 15-16 Dekabr, 2022, Sumqayıt Dövlət Universiteti, Konfrans materialları 2022 № 10, səh.179-183.
3. Vikipediya https://en.wikipedia.org/wiki/Synthetic-aperture_radar

ABSTRACT

Layla Muradkhanli

USE OF SATELLITE IMAGERY IN EMERGENCY MANAGEMENT

The article shows how to use satellite images in emergency situations. Analysis of satellite images allows for land cover classification, assessment of vegetation health, and detection of forest fires. It shows how to use satellite imagery at all stages of emergency management (before, during and after the event), from disaster prevention to damage analysis and reconstruction monitoring.

The Python programming language was used to analyze satellite images. The advantages of using satellite images for emergency response are shown.

Keywords: Emergencies, natural disasters, satellite imagery, image processing, Python programming language

VERİLƏNLƏR BAZASINDA METAVERİLƏNLƏRİN TƏSVİRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206466>

Mənsümə SEYİDOVA

mensumeseyidova@ndu.edu.az

Könül MƏMMƏDOVA

konulmammadova@ndu.edu.az

Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

XÜLASƏ

Verilənlər bazasının idarəetmə sistemlərinin vacib tərkib hissələrindən biri metaverilənlər bazasıdır. Metaverilən son dərəcə geniş bir anlayışdır. Bu məqalə metaməlumatlardan istifadə edərək əsasən paylanmış informasiya sistemlərində elektron informasiya resurslarının istifadəçiləri və yaradıcıları üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bu sahə ilə əlaqədar olaraq, elektron resurslar haqqında metaməlumatların rolu, informasiya ehtiyatlarının idarə edilməsi, lazım olan resursların daha sürətli, daha dəqiq və tam aşkar edilməsinə imkan yaratmaq, istifadəçi tələblərinə uyğun olaraq məlumatın seçilməsi və təqdim edilməsi üçün çevik və müxtəlif mexanizmlərin təmin edilməsidir (axtarış sorğusu).

Metaverilənlərin təsviri üçün ən səmərəli və geniş tətbiq edilən dil XML-dir. Hazırda XML dili informasiya texnologiyalarının əksər sahələrində tətbiq edilir. Odur ki, verilənlər anbarında metaverilənlərin təsviri üçün əsasən XML dilindən istifadə edilir.

Metaverilənlər bazasında metaverilənlər, o cümlədən hər səviyyəyə uyğun sxemlərin təsviri, sxemlərin bir-birində əksləri, standart sorğular, həmin sorğularla onları emal edən proqramlar arasında əlaqələr, sorğulara uyğun hesabat formaları, istifadəçilər, verilənlərin alınma mənbələri, sistemə qoşulan terminallar və s. haqqında məlumat saxlanır. Metaverilənlər bazasının idarə olunması, yəni onun yaradılması, verilənlərin seçilməsi və dəyişikliklər aparılması üçün də ayrıca proqram təminatı hazırlanır. Metaverilənlərdən istifadə edilməsinin məqsədi verilənlər anbarının yaradılmasının və inzibətçiliğinin yüngülləşdirilməsi və verilənlər anbarından informasiyanın daha səmərəli çıxarılmasıdır.

Metaverilən, məlumat anbarında açar rolunu oynayır. O, geniş məlumatlar üçün bir xəritə və lüğət kimi fəaliyyət göstərir. Verilənlər bazası sistemlərində metaverilən, məlumatın strukturunu, proseslərini və dəyişikliklərini bizə bildirir, bu da məlumatı düzgün istifadə etməyə kömək edir.

Acar sözlər: metaverilənlər, XML dili, verilənlər bazası, verilənlər bazasının idarəetmə sistemləri, elektron resurs.

GİRİŞ

Verilənlər bazası texnologiyalarının və informasiya axtarış sistemlərinin yaranması metaverilənlərin istifadəsini tələb edir. Metaverilən (ingiliscə metadata) məlumat haqqında məlumatdır. Başqa sözlə, metaverilənlər, əsas verilənlərə əlavə olaraq, o verilənlərin strukturu, mənası, yaradılma tarixi, müəllifi və digər xüsusiyyətləri barədə məlumatları təmin edir. Metaverilənlər verilənlərin idarə edilməsi, tapılması və istifadəsini asanlaşdırır. Məsələn:

- Bir şəkil faylında metaverilənlər şəkilin ölçüsü, yaradılma tarixi, çəkən şəxsin adı və formatı kimi məlumatları ehtiva edə bilər.
- Bir kitab haqqında metaverilənlər onun müəllifi, nəşriyyəti, nəşr ili, səhifə sayı və mövzusu haqqında məlumatları ehtiva edir.

Metaverilənlər verilənlərin axtarılması və analizi üçün əhəmiyyətlidir və çox müxtəlif sahələrdə, vebin inkişafında, kitabxana elmində, məlumat bazalarında və s. istifadə olunur. Yaxşı müəyyən edilmiş metadada rəqəmsal məzmunun asanlıqla tapılmasını, yeniliyini, konkret ehtiyaclara hədəflənə biləcəyini və məzmunun həm nəşirləri, həm də istehlakçıları tərəfindən bir neçə məqsədlə yenidən istifadə oluna biləcəyini təmin edir (Walk, Baptista, 2017,s.67).

Metaverilənlər informasiya ehtiyatlarının idarə edilməsi sahəsində çox vacib rol oynayır. İnformasiya ehtiyatları, hər hansı bir təşkilatın və ya sistemin topladığı, saxladığı və istifadə etdiyi məlumatlar toplusudur. Bu məlumatların düzgün idarə edilməsi üçün metaverilənlərdən istifadə etmək, məlumatların tapılması, təşkil edilməsi, təsnif edilməsi və qorunması proseslərini asanlaşdırır.

Metaverilənlərin informasiya ehtiyatlarının idarə edilməsi üçün əsas funksiyaları və üstünlükləri aşağıdakı kimi sıralanabilir:

- Metaverilənlər, məlumatların strukturlu və sistemli şəkildə təşkil edilməsinə kömək edir. Məsələn, hər hansı bir verilənlər bazasında metaverilənlər, hansı cədvəl, sütunun və ya qeydin hansı növ məlumatları saxladığını göstərə bilər. Bu, məlumatların düzgün təsnif olunmasına və təşkil olunmasına imkan verir.
- Metaverilənlər, məlumatların axtarılması prosesini sürətləndirir. Məsələn, bir məlumat bazasında, metaverilənlər məlumatın tipləri, əlaqəli məlumatlar və ya təkrarlanmaması barədə məlumat verir. Bu da istifadəçilərin və ya sistemlərin lazım olan verilənləri tez tapmasına kömək edir.

Tanınmış məlumat idarəetmə mütəxəssisi Adrienne Tannenbaum, bir neçə mənbədən gələn məlumatları bir yerə toplamağa aid real problemləri müzakirə edir, səmərəli meta məlumat sistemləri yaratmağın əsas çətinliklərini müəyyən edir və praktik həllər təqdim edir (Tannenbaum, 2002, s. 289).

Metaverilənlər, məlumatların keyfiyyətinin idarə olunmasına və yoxlanılmasına da kömək edir. Məsələn, metaverilənlər verilənlərin yaradılma tarixini, dəyişiklik tarixini və məlumatın doğruluğunu izləyə bilər. Bu, məlumatların etibarlılığını təmin edir.

Metaverilənlər, məlumatın kimlər tərəfindən əldə olunduğunu, hansı istifadəçilərin daxil olduğunu və hansı əməliyyatların aparıldığını göstərir. Bu məlumatlar təhlükəsizliyin təmin edilməsi üçün vacibdir, çünki onlar məlumatların qanunsuz istifadə oluna biləcəyi halları müəyyən etməyə kömək edir.

Metaverilənlər, məlumatların fərqli sistemlər arasında paylaşılmasına imkan verir. Məsələn, məlumatın metaverilənləri bir sistemdən digərinə asanlıqla köçürülə və eyni məlumatın müxtəlif tətbiqlərdə və ya platformalarda istifadəsi təmin edilə bilər. Bu xüsusiyyət məlumatların daha geniş şəkildə və asan paylaşılmasına şərait yaradır.

Metaverilənlər verilənlərə edilən dəyişiklikləri izləməyə və qeydə almağa imkan verir. Bu, verilənlər bazasında hansı məlumatların yeniləndiyini, silindiyini və ya dəyişdirildiyini görməyə kömək edir. Bu xüsusiyyət, məlumatların idarə edilməsi və təhlili üçün çox vacibdir (Tannenbaum, 2002, s. 290).

Məlumatların uzun müddət saxlanması və arxivləşdirilməsi üçün metaverilənlər çox əhəmiyyətlidir. Məsələn, metaverilənlər məlumatın saxlanma müddəti, arxivləşdirmə qaydaları və mövcudluğu haqqında informasiya verə bilər.

Metaverilənlər adətən "data kataloqları" adı verilən sistemlərdə istifadə olunur. Bu kataloqlar, təşkilat daxilindəki məlumat ehtiyatlarını bir yerdə toplayır və istifadəçilərə

məlumatları axtarmaq, tapmaq və düzgün istifadə etməkdə kömək edir. Buna aid bir misal göstərə bilərik. Məsələn, bir universitetin məlumat bazasında, tələbə məlumatları saxlanılır. Hər bir tələbənin adı, soyadı, doğum tarixi, qeydiyyat nömrəsi, kurs məlumatları kimi əsas verilənlər saxlanılır. Ancaq bu verilənlərin necə istifadə ediləcəyini, dəyişdiriləcəyini və kimlər tərəfindən istifadə ediləcəyini göstərən əlavə məlumat (metaverilənlər) vardır. Bu metaverilənlər verilənlərə aid olan məlumatları (tələbə adı, kurs nömrəsi, qeydiyyat tarixi və s.) düzgün şəkildə təşkil etməyə kömək edir (Craig, A.N., Soules, G. R., Goodson, J. D. 2002, s.123).

Metaverilənlər problem sahəsini və onun verilənlər anbarında təsvirini başa düşməyə imkan verir və bununla da analiz üçün metodun düzgün seçilməsinə və nəticələrin adekvat interpretasiyasına zəmin yaradır. Metaverilənlərin təsviri üçün ən səmərəli və geniş tətbiq edilən dil XML-dir. Hazırda XML dili informasiya texnologiyalarının əksər sahələrində tətbiq edilir. Odur ki, verilənlər anbarında metaverilənlərin təsviri üçün əsasən XML dilindən istifadə edilir (Andrews, 2017, s.78).

Odur ki, verilənlər anbarında metaverilənlərin təsviri üçün əsasən XML dilindən istifadə edilir. XML (Extensible Markup Language – genişlənəbilən nişanlama dili) – World Wide Web sənədlərini formatlaşdırmaq üçün metadil, SGML dilinin altçoğlu. Con Bosak'ın (Jon Bosak) rəhbərliyi altında işlənilib hazırlanıb və 1998-ci ildə W3C tərəfindən təklif olunub.

Nişanlama dilləri qrupuna aid olan XML dilinin əsas funksiyası digər nişanlama dillərini təyin etməkdən ibarətdir. Metadil kimi XML metaverilənlərin təsviri və mübadiləsi üçün olduqca səmərəli formata malikdir. Genişləndirilə bilən işarələmə dili (XML) hər hansı bir məlumatı təsvir etmək üçün qaydaları təmin edən işarələmə dilidir. Digər proqramlaşdırma dillərindən fərqli olaraq, XML özbaşına hesablamalar apara bilməz. Bunun əvəzinə strukturlaşdırılmış məlumatların idarə edilməsi üçün istənilən proqramlaşdırma dili və ya proqram təminatı həyata keçirilə bilər.

World Wide Web (W3C) konsorsiumu tərəfindən yaradılan XML dilinin əsas üstünlükləri aşağıdakılardır:

- öyrənilməsi və işlədilməsi sadədir;
- açıq texnologiyadır və platformadan asılı deyil;
- ondan hər yerdə istifadə edilir, analizatorunu tapmaq asandır və tətbiqi üçün məhdudluq yoxdur.

Bütün bunlarla yanaşı, metaverilənlərin təsvirində XML-dən istifadə edilməsi metaverilənlər arasında əlaqələrin əksətilənməsini təmin edir. XML metaverilənləri INTERNET-də nəşr etməyə və beləliklə istənilən istifadəçiyə çatdırmağa imkan verir. XML strukturlaşdırılmış baza ilə XML formatında ötürülən strukturlaşdırılmamış mətn arasında əlaqəni təmin edir.

Əgər XML faylı oxuyan və analiz edən proqram təminatı varsa, istənilən verilənlər anbarında metaverilənləri DTD (Document Type Definition- sənədin tipinin təsviri) texnologiyası ilə adi XML faylı kimi təsvir etmək və ötürmək olar (Andrews, 2017, s.78).

Bazar iqtisadiyyatı qaydaları ilə və müasir informasiya texnologiyalarının səviyyəsi ilə ayaqlaşan korporasiyalarda metaverilənlərə, onların XML texnologiyası ilə təsvirinə və mübadiləsinə ciddi fikir verirlər. XML metaverilənlərin təsviri üçün ən səmərəli və geniş tətbiq edilən dildir.

Metaverilənlər və XML dili əlaqəsi çox vacibdir, çünki XML (Extensible Markup Language) məlumatları strukturlaşdırmaq və təsvir etmək üçün geniş istifadə edilən bir formatdır. XML, məlumatın məzmununu və strukturlarını, həmçinin metaverilənləri (metadata) təqdim etməyə imkan verir. Bu xüsusiyyət XML-ni məlumatların idarə edilməsi, mübadiləsi və saxlanması üçün uyğunlaşdırır. XML, məlumatların bir strukturda (etiketlər vasitəsilə) saxlanmasını təmin edən bir dildir. Bu struktur, həmçinin məlumatın əlavə xüsusiyyətlərini, tərtibatını və ya digər ətraflı məlumatları (metaverilənlər) təqdim edə bilər. XML, metaverilənlərin təqdim olunmasında istifadə edilə bilər, çünki XML sənədləri məlumatları təkcə özlərinin deyil, həm də məlumatın nə vaxt və necə yaradıldığını, hansı kontekstdə istifadə edildiyini, məlumatın formatını və əlaqəli olan digər ətraflı xüsusiyyətləri ehtiva edə bilər. XML sənədi yaratarkən, metaverilənlər tez-tez məlumatların əlavə xüsusiyyətlərini və məlumatın strukturunu müəyyənləşdirmək üçün istifadə olunur. Məsələn, bir şəkil faylı haqqında məlumat (metaverilənlər) yaratmaq istəyirsinizsə, aşağıdakı kimi bir XML sənədi istifadə oluna bilər:

```
<image>
<filename>landscape.jpg</filename>
<resolution>1920x1080</resolution>
<format>JPEG</format>
<created>2025-04-10</created>
<author>John Doe</author>
<size>2048 KB</size>
<metadata>
<description>Beautiful landscape image taken at sunset.</description>
<keywords>
<keyword>sunset</keyword>
<keyword>landscape</keyword>
<keyword>nature</keyword>
</keywords>
</metadata>
</image>
```

Bu sənəd XML formatında yazılmışdır və bir şəkil faylının (image) metadatasını (yəni məlumatlarını) təsvir edir.

Bu XML sənədindəki metaverilənlər aşağıdakılardır:

- **filename:** Şəkil faylının adı landscape.jpg.
- **resolution:** Şəklin ölçüləridir: 1920 piksel en, 1080 piksel hündürlük (Full HD ölçüdə).
- **format:** Şəklin formatı JPEG-dir.
- **created:** Şəklin yaradıldığı tarix – 10 Aprel 2025.
- **author:** Şəklin müəllifi – John Doe.
- **size:** Şəklin ölçüsü – 2048 kilobayt (təxminən 2 MB).
- **metadata:** Metadata şəkil haqqında əlavə məlumatları saxlayan bölmədir.
- **Description:** Şəklin təsviri – "Gözəl mənzərə şəkli gün batımında çəkilib."
- **Açar sözlər (tags)** – bu sözlər şəkli axtarışda tapmaq üçün istifadə olunur:
sunset – gün batımı
landscape – mənzərə

nature – təbiət

Bu XML sənədi "landscape.jpg" adlı bir şəkilin texniki və məzmun baxımından bütün əsas məlumatlarını saxlayır. Bu cür məlumatlar şəkil kataloqlarında, media arxivlərində və ya şəkil axtarış sistemlərində çox faydalıdır.

XML-də Metaverilənlərin bir sıra üstün cəhətləri var. Bunlar aşağıdakılardır:

- XML, metaverilənləri məlumatın yanında saxlayaraq, məlumatın necə təşkil edildiyini və əlaqələrini daha asan başa düşülən və istifadə edilən bir şəkildə təmsil etməyə imkan verir.
- XML sənədləri həm insan tərəfindən oxuna bilər, həm də maşınlar tərəfindən asanlıqla işləyə bilər. Metaverilənlər, məlumatın nəyə aid olduğunu və necə istifadə ediləcəyini göstərmək üçün faydalıdır.
- XML dilinin uzadılması asandır. Yəni, məlumatın metaverilənlərinə yeni elementlər əlavə etmək mümkündür (məsələn, "təsvir", "kategoriyalar", "tətbiq olunan şərtlər" kimi yeni etikətlər əlavə etmək).
- XML, müxtəlif yönlü və fərqli sistemlər arasında məlumat mübadiləsi üçün geniş istifadə olunur. Bu səbəbdən, XML sənədlərindəki metaverilənlər müxtəlif sistemlər və tətbiqlər tərəfindən asanlıqla anlaşılır və istifadə edilir.

Metaverilənlər məlumatların axtarışını asanlaşdırır. Məsələn, metaverilənlər vasitəsilə müəyyən şəkillər, videolar və ya sənədlər asanlıqla təsnif edilə və tapıla bilər. XML sənədlərində məlumatın kim tərəfindən daxil edildiyi və nə zaman daxil edildiyi kimi məlumatlar qeyd edilə bilər. Bu, məlumatın təhlükəsizliyinin və idarəetməsinin təmin edilməsi üçün vacibdir.

RDF (Resource Description Framework, Resurs Təsvir Çərçivəsi) XML-in uzantısı kimi, metaverilənlər və əlaqəli məlumatları təsvir etmək üçün istifadə edilə bilər. RDF, vebdə resurslar haqqında metaverilənləri təsvir edən standart bir dil olub, XML formatında işləyir və məlumatları əlaqələndirmək üçün istifadə edilir. Metaverilənlər XML dilində məlumatların daha dəqiq və aydın şəkildə təqdim olunmasına kömək edir. XML sənədləri həm məlumatın əsas məzmununu, həm də onun ətrafında olan əhəmiyyətli metaverilənləri strukturlaşdırmağa imkan verir. Bu, məlumatın düzgün idarə olunması, axtarılması və paylaşılmasında mühüm bir rol oynayır.

Metaverilən çox mühüm hesab edilir, çünki strateji və operativ qərar verməyə rəhbərlik edə biləcək məlumat elementlərinin xüsusiyyətləri haqqında informasiya verir. Metaverilən və ya metainformasiya bir mənbənin və ya məlumatın elementlərini təsvir edən məlumatdır. Qısaca verilən-məlumat haqqında məlumat kimi ümumiləşdirilə bilər. Veb səhifələrdə HTML koduna əlavə edilmiş meta etikətlər (ingiliscə: tag) həmin səhifə haqqında əlavə məlumat verir. Və ya rəqəmsal kameralarla çəkilmiş fotosəkillərdə qeyd olunan EXIF məlumatları (fotosəkilin çəkildiyi tarix, foto kameranın markası, modeli və parametrləri, fotosəkilin çəkildiyi yerin GPS koordinatları və s.) metainformasiyadır. Metadata Basics for Web Content veb məzmununun yaradılması, idarə edilməsi, çatdırılması və qiymətləndirilməsi dəstək üçün mövcud olan müxtəlif növ metadataları müzakirə edən ilk ətraflı sorğudur (Andrews, 2017, s. 223).

Metaverilənlər bazasının təşkili və istismarı da müəyyən dil, proqram və təşkilatları tələb edir. Metaverilənlər bazasının yaradılması və istismarı verilənlər anbarının administratorunun funksiyalarına daxildir. Əgər istifadəçi verilənlər anbarında nə saxlandığından xəbəri olmasa, ona lazım olan verilənləri oradan çıxara bilməz. Analitik sistemə sorğu verməzdən əvvəl verilənlər anbarında (VA) hansı informasiyanın olduğunu, onun aktuallığını, dəqiqliyini və cavabın alınmasına nə qədər vaxt tələb olunduğunu bilməlidir. Bəzi hallarda, istifadəçilər sistemdən uzaq məsafədə olanda, sorğular VB-ya kommunikasiya məlumatı formasında ötürülür. İstifadəçilərə cavablar da VBİS-dən birbaşa və ya əməliyyat məntəqəsi vasitəsilə bu cür məlumat formasında çatdırılır. Bu prosesin idarə olunması "verilənlərin ötürülməsi dispetçeri" adlanan proqram kompleksi vasitəsilə aparılır. Adətən bu proqram kompleksi VBİS-dən ayrı yaradılır və özünün hüquqi əsaslarına malik olur. Bu cür sistemlərə paylanmış verilənlər bazaları deyilir.

Verilənlər anbarında saxlanılan verilənlərin strukturunu təsvir etmək üçün metaverilənlərdən istifadə edilir. Metaverilənlər hərfi mənada verilənlər haqqında verilənlər deməkdir. Metaverilənlər məntiqi baxımdan informasiya obyektlərinin daşıyıcılarının identifikasiya edilməsinə, qiymətləndirilməsinə, aşkarlanmasına və idarə edilməsinə yardımçı olan xarakteristikalarını təsvir edən strukturlaşdırılmış və kodlaşdırılmış verilənlərdir. Informasiya sistemlərində metaverilənlər idarəetməni, sorğunun hazırlanmasını, verilənlərin başa düşülməsini və onlardan səmərəli istifadə edilməsini asanlaşdırır. Metaverilənlərin generasiyası, saxlanması və idarə olunması indiki vaxtda istənilən elektron formada olan böyük həcmli informasiya massivlərindən istifadə edilməsinə kömək edir. Kompüter verilənlərlə işləyir və metaverilənlər istənilən verilənləri müşayət edə bilirlər, bu anlayış kompüterin bütün tətbiqlərinə aiddir. Metaverilənlər tətbiq sahəsindən asılı olaraq müxtəlif formada ola bilərlər (Maxmutova, M. V. və Sedneva, D. A. 2016, s.98).

Verilənlərin analizinin real zamanda aparılması, lazım gələrsə, sistemdə bu tip məsələlərin həllini yerinə yetirəcək əlavə imkanların olması vacibdir. Bunun üçün sistemin işinin çoxsəviyyəli olması tələb olunur. Analiz olunan verilənlər dinamik olsa da analiz prosesi özü "əgər, onda" şərtinə görə aparılmalıdır. Burada ilk növbədə analiz üçün hansı verilənlərin verilənlər xəzinəsinə toplanacağı müəyyən edilməlidir. Yəni analiz üçün bazadakı bütün yazılar lazım deyilsə, o zaman analitik maraq doğuran yazıları seçmək üçün şərtlər verməlidir. Verilənlər xəzinəsi analiz üçün bir neçə mənbədən (reyestrlərdən) gətirilən verilənlərin saxlandığı mərkəzləşdirilmiş sistemdir. Verilənlər xəzinəsinin standart texnologiyaları müxtəlif reyestrlərin sistemə qoşulmasını təmin edir. Bu İnternetdən generasiya olunan böyük verilənlərin hərtərəfli analizinin aparılmasını asanlaşdırır. Verilənlər xəzinəsi sorğular əsasında tələb olunan verilənləri (metaverilənlər də daxil olmaqla) analiz üçün OLAP sisteminə ötürür. Metaverilənlər verilənlər haqqında informasiyadır. Metaverilənlər dedikdə verilənlərin mənbəyi, yüklənmə tarixi, keyfiyyəti ilə bağlı məlumatlar, xətlər haqqında hesabatlar və nəzarət jurnalları nəzərdə tutulur (Kerimov, S.K. 2003, s.45).

Verilənlər anbarının (VA) tətbiq səmərəliliyini artırmaq və istifadəçilərin informasiyaya müraciətini asanlaşdırmaq üçün verilənlər anbarının metaverilənləri aşağıdakıları əhatə etməlidirlər: VA-da saxlanan verilənlərin və müxtəlif mənbələrdən daxil olan verilənlərin strukturlarının təsviri; verilənlərin daxil olma vaxtları; yüklənmə və ümumiləşdirmə metodları; müraciət vasitələri; informasiyanın təsvir qaydaları; sorğuya

cavab vaxtının təxmini qiyməti haqqında məlumat (Maxmutova, M. V. və Sedneva, D. A. 2016, s.102).

Metaverilənlərdən üç üsulla istifadə etmək olar:

- Passiv üsulda VA-nin strukturu, yaradılma prosesi və istifadə edilməsi haqqında informasiyanı nəzərdə tutur. Bu cür informasiya bütün iştirakçılar üçün (istifadəçilər, sistem administratorları, proqramçılar) lazımdır;

- Aktiv üsulda müəyyən əməliyyatların yerinə yetirilməsi qaydaları (məsələn, verilənlərin çevrilməsi və ümumiləşdirilməsi qaydaları) metaverilənlər şəklində saxlanılır, sistemin iş fəaliyyətində onlar interpretasiya olunur və istifadə edilir. Bu halda VA-dakı proseslər metaverilənlərlə idarə olunur, odur ki, aktiv metaverilənlər və təsviredici sənədlər bir-birilə uyğunlaşdırılır və bir yerdə saxlanılır;

- Yarımaktiv üsulda bu halda statistik informasiyanı (məsələn, strukturların təsviri, spesifikasiyalar və s.) əks etdirən metaverilənlər sistemin iş fəaliyyəti zamanı digər proqram komponenti tərəfindən oxunur və istifadə edilir. Məsələn, sorğuları emal edən proqram atributların mövcudluğunu yoxlamaq üçün metaverilənlərdən istifadə edir. Aktiv istifadədən fərqli olaraq, bu halda metaverilənlər yalnız oxunur, icra olunmur (Mazov, N. A. və Jizhimov, O. L. 2006, s.116).

Məlumat elementində olan məlumatlar üçün yaradılan kodlar da metaverilən sayəsində formalaşır. Metaverilənin ən yaxşı nümunələrindən biri ən çox istifadə edilən Google axtarış sistemidir. Google-da hər hansı bir mövzu haqqında axtarış etdiyiniz zaman sizin üçün məlumat girişi yaradılır. Bu data metaverilən sayəsində o, fərqli verilənlərə malik saytlara yönləndirir. Bu yolla istifadəçilərə müxtəlif bloq və ya veb sayt məzmununa giriş təmin edilir. Bir çox fərqli mövzuda araşdırma aparmaq üçün istifadə edilən axtarış sistemlərinin inkişafı və geniş yayılması metaverilən məlumatları sayəsində həyata keçirilir. Söhbət metaverilən məlumatlarından gedir ki, internet istifadəçisi axtarış sisteminə yazdığı bir neçə söz sayəsində müvafiq veb sayt və ya bloqa yönləndirilir. Odur ki, veb sayt və bloq yaradarkən SEO qaydaları nəzərə alınmalıdır. Metadata SEO, məzmun lisenziyalasdırma, məzmun marketinqi, sosial media görünüşü, analitika və mobil proqram dizaynında əsas rol oynayır. Metadata ən çox integrasiya edilmiş şəkildə dizayn edilib inkişaf etdirdikdə güclüdür. Burada bütün bu rollar bir-birini dəstəkləyir (Andrews, 2017, s. 156).

Metaverilən məlumatları SEO (Search Engine Optimization-axtarış motorunun optimallaşdırılması) tədqiqatları üçün çox vacibdir. Metaməlumatların ən mühüm xüsusiyyətləri arasında semantik sözlər, söz strukturları və ardıcılıqlar var. Effektiv SEO işi üçün meta teqlər, meta təsvirləri və semantik sözləri olan açar sözlər çox vacibdir (Andrews, 2017, s. 167).

Metaverilənlər verilənlərin daha asan tapılmasına, başa düşülməsinə və istifadəsinə imkan verir. Metaverilənlər məlumatların təşkilatında və idarə olunmasında mühüm rol oynayır və bir çox sahələrdə faydalıdır. Metaverilənlər məlumatların təşkilinə kömək edir. Məsələn, kitabxanalarda kitablar haqqında məlumatlar (müəllif, nəşr ili, başlıq və s.) metaverilənlər olaraq qeyd olunur. Bu, məlumatları axtarmağı və tapmağı asanlaşdırır. Metaverilənlər, verilənlərin daha sürətli və dəqiq şəkildə tapılmasına kömək edir. Məsələn, bir məlumat bazasında müəyyən bir mövzuya aid verilənləri axtararkən, metaverilənlər həmin məlumatları təsviredici açar sözlər və xüsusiyyətlər əsasında tapmağa imkan verir. Axtarış nəticələrinin daha dəqiq və əlaqəli olmasına kömək edir, beləliklə istifadəçilər üçün

məlumat axtarışını optimallaşdırır. Metaverilənlər, verilənlərin daha geniş miqyasda və müxtəlif sistemlər arasında paylaşılmasına imkan verir. XML, RDF və digər strukturlar metaverilənləri daha asan bir şəkildə paylaşmağa və inteqrasiya etməyə kömək edir. Məlumatların müxtəlif tətbiqlər və sistemlər arasında uyğunluğunu təmin edir, beləliklə məlumatların daha effektiv şəkildə mübadiləsi mümkündür.

ƏDƏBİYYAT

1. Andrews, M. C. (2017). Metadata Basics for Web Content: The Unification of Structured Data and Content. Hindistan: Independently Published.
2. Керимов, С.К. (2003). Метаданные и информационные системы. Информационные технологии, № 5, стр. 37-42.
3. Мазов, Н. А., & Жижимов, О. Л. (2006). Метаданные и их роль в распределенных информационных системах на основе использования протокола Z39.50. Лекция. Библиосфера, (2), 51-59.
4. Махмутова, М. В., и Седнева, Д. А. (2016). "Представление метаданных для хранилища данных." Информатика: проблемы, методология, технологии: 413-418.
5. Craig, A.N., Soules, G. R., Goodson, J. D. (2002). Metadata Efficiency in a Comprehensive Versioning File System. 34-39
6. Tannenbaum, A. (2002). Metadata Solutions: Using Metamodels, Repositories, XML, and Enterprise Portals to Generate Information on Demand. Birleşik Krallık: Addison-Wesley.
7. Walk, P. Baptista, A. (2017). Developing Metadata Application Profiles. Amerika Birleşik Devletleri: IGI Global. s.212
8. <https://az.wikipedia.org/wiki/Metam%C9%99lumatlar>

SUMARY

Mansuma SEYIDOVA
Konul MAMMADOVA

DESCRIPTION OF METADATA IN DATABASES

One of the important components in database management systems is metadata. Metadata is an extremely broad concept. This article is intended for users and creators of electronic information resources, mainly in distributed information systems using metadata. In relation to this area, the role of metadata about electronic resources is management of information resources, enabling faster, more accurate and complete discovery of necessary resources, selection and presentation of information in accordance with user requirements. is to provide flexible and diverse mechanisms for (search query).

The most efficient and widely used language for describing metadata is XML. Currently, XML is used in most areas of information technology. Therefore, XML is mainly used for describing metadata in a data warehouse.

Metadata in the metadata database, including the description of schemes for each level, reflections of schemes, standard requests, relationships between those requests and the programs that process them, report forms corresponding to requests, users, sources of data acquisition, terminals connected to the system, etc. information about is stored. Separate software is also being developed

for the management of the metadata base, i.e. its creation, data selection and changes. The purpose of using metadata is to ease the creation and administration of the database and to extract information from the database more efficiently.

Metadata plays a key role in the data warehouse. It acts as a map and dictionary for a wide range of information. It tells us the structure, processes and changes of the data in database systems, which helps us use the information properly.

Keywords: metadata, XML language, database, database management systems, electronic resource.

РЕЗЮМЕ

Мансума СЕЙИДОВА
Кёнуль МАММЕДОВА

ОПИСАНИЕ МЕТАДАННЫХ В БАЗАХ ДАННЫХ

Одним из важных компонентов систем управления базами данных являются метаданные. Метаданные — чрезвычайно широкое понятие. Данная статья предназначена для пользователей и создателей электронных информационных ресурсов, преимущественно в распределенных информационных системах, использующих метаданные. Применительно к этой области роль метаданных об электронных ресурсах заключается в управлении информационными ресурсами, позволяющих быстрее, точнее и полнее обнаруживать необходимые ресурсы, выбирать и представлять информацию в соответствии с требованиями пользователя, заключается в предоставлении гибких и разнообразных механизмов для (поискового запроса).

Наиболее эффективным и широко используемым языком описания метаданных является XML. В настоящее время XML используется в большинстве областей информационных технологий. Поэтому XML в основном используется для описания метаданных в хранилище данных.

Метаданные, в том числе описание схем для каждого уровня, отражения схем, стандартные запросы, отношения между этими запросами и программами, которые их обрабатывают, формы отчетов по запросам, пользователи, источники сбора данных и терминалы, подключенные к системе, хранятся в базу метаданных. Также разрабатывается отдельное программное обеспечение для управления базой метаданных, т.е. ее создания, отбора данных и изменения. Цель использования метаданных — облегчить создание и администрирование базы данных, а также более эффективное извлечение информации из базы данных.

Метаданные играют ключевую роль в хранилище данных. Он действует как карта и словарь для широкого спектра информации. Он сообщает нам о структуре, процессах и изменениях данных в системах баз данных, что помогает нам правильно использовать информацию.

Ключевые слова: метаданные, язык XML, база данных, системы управления базами данных, электронный ресурс.

VƏTƏNDAŞ ELMİ TƏSVİRLƏRİNİN TANINMASINDA CNN VƏ SVM ARXİTEKTURALARININ MÜQAYİSƏLİ TƏHLİLİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206474>

Nərgiz VERDİYEVA

nergiz_verdieva@mail.ru

ORCID ID: 0000-0002-0367-5260

İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Elektron elmin yeni istiqaməti hesab olunan vətəndaş elmi son bir neçə onillik ərzində bütün dünyada elmin inkişafına təkan verən bir paradigma olaraq meydana gəlmişdir. Vətəndaş elminin tarixi qədim olsa da, son illərdə İKT-nin inkişafı burada da əhəmiyyətli qabaqcıl nailiyyətlərə gətirib çıxarmış və onu transformativ bir elm sahəsi olaraq formalaşdırmışdır. Vətəndaş alimlərin layihələrdə könüllü olaraq fəal iştirakı ilə xarakterizə olunan vətəndaş elmi layihələri elmi tədqiqatlara müasir bir yanaşmadır. Son dövrlərdə getdikcə daha geniş vüsət almağa başlamış vətəndaş elmi müxtəlif elm sahələrini əhatə etməklə elmi tədqiqatlara böyük və əhəmiyyətli töhfələr verməyə davam edir. Geniş ictimaiyyətin elmi tədqiqatların müxtəlif mərhələlərində iştirakı ilə xarakterizə olunması onun əsas tədqiqat obyektinin təbiət və ətraf mühit olması ilə özünü göstərir. Bu xüsusiyyəti ilə əlaqədar olaraq, vətəndaş elminin tədqiqat obyektini araşdırılan zaman çəkilən fotoşəkillərin tanınması, oradakı müxtəlif obyektlərin, təbii hadisələrin yüksək dəqiqliklə identifikasiya olunması və təsnifatı mühüm rola malikdir. Məqalədə vətəndaş elmi layihələrində təsvirlərin tanınması zamanı istifadə olunan dərin təlim və maşın təlimi metodlarının müqayisəli təhlili aparılmışdır. Tədqiqat zamanı mövzu üzrə son dövrlərin müvafiq elmi ədəbiyyatları nəzərdən keçirilərək təhlil olunmuşdur. Bu ədəbiyyatlarda həm CNN, həm də SVM arxitekturalarının tətbiq olunduğu müxtəlif hallar nəzərdən keçirilmiş və aparılan eksperimentlərin nəticələri müqayisə edilərək təqdim edilmişdir. Sonda alınmış nəticələr ümumiləşdirilmiş və müqayisə olunan metodların xarakterik xüsusiyyətləri göstərilmişdir.

Açar sözlər: vətəndaş elmi, təsvirlərin identifikasiyası, maşın təlimi, dərin təlim.

GİRİŞ

Elektron elmin yeni istiqaməti hesab olunan vətəndaş elmi son bir neçə onillik ərzində bütün dünyada müxtəlif elm sahələrinin inkişafına təkan verən müasir paradigma olaraq meydana gəlmişdir (Фаталиев и Вердиева, 2019, с. 51). Vətəndaş alimlərin iştirakı ilə səciyyələnən vətəndaş elmi layihələri elmi tədqiqatlara müasir bir yanaşmadır. Son dövrlərdə xüsusilə geniş tətbiq olunmağa başlamış vətəndaş elmi müxtəlif elm sahələrini əhatə etməklə elmi tədqiqatlara əhəmiyyətli töhfələr verməyə davam edir. Bir çoxunun başlıca tədqiqat obyektini ətraf mühit və biomüxtəliflik olan vətəndaş elmi layihələrində təsvirlərin tanınması texnologiyası geniş tətbiq olunur. Bununla əlaqədar olaraq, təsvirlərdəki obyekt və təbii hadisələrin yüksək dəqiqliklə identifikasiyası məsələsinə xüsusi diqqət yetirilməlidir.

Təsvirlərin tanınmasında istifadə olunan əsas iki metod olaraq CNN (Convolutional Neural Network) və SVM-i (Support Vector Machine) müqayisəli olaraq nəzərdən keçirəcəyik.

CNN-lər dərin təlim metodlarından biri olub, müasir süni intellektin əsasını təşkil edir, təsvirlərin təsnifatı, obyektlərin aşkarlanması və üz tanıma kimi vəzifələrdə mükəmməl nəticələr göstərir. Təsvirlərdə xüsusiyyətləri (kənarları, teksturaları və formaları kimi) avtomatik aşkar etmək üçün onlar konvolyusiya filtrlərinin laylarından istifadə edirlər. Şəbəkə bu xüsusiyyətləri təlim zamanı öyrənir.

SVM-lər klassifikasiya və reqressiya məsələləri üçün istifadə edilə bilən nəzarətli (supervised) maşın təlimi alqoritminin bir növüdür. SVM-dən istifadə edərək təsviri təsnif etmək üçün əvvəlcə təsvirdə xüsusiyyətlər aşkarlanmalıdır. Təsvirlər üçün, xüsusiyyətlər piksel intensivliyi kimi üsullardan istifadə etməklə çıxarıla bilər.

MATERIAL VƏ METODLAR

Tədqiqat üçün mövzuya aid son illər ərzində nəşr olunan elmi işlər nəzərdən keçirilmişdir. Müvafiq açar sözlər üzrə axtarışlar Google Scholar axtarış sistemində, eləcə də Scopus və Web of Science elmi bazalarında aparılmışdır.

(Chaudhari, 2018, p. 8180-8187)-də müəlliflər süd vəzi xərçənginin müəyyənləşdirilməsində tətbiq olunan SVM, Fast RCNN, Faster RCNN kimi müxtəlif maşın təlimi yanaşmalarını müqayisə edirlər. Onlar müxtəlif obyektlərin identifikasiyasının təlim və test müddətlərini təhlil edirlər. Obyektlərin identifikasiyası alqoritmlərindən Faster RCNN alqritmi RCNN və Fast RCNN-lə müqayisədə modeli daha sürətli təlim və test edə bilər. Süd vəzi xərçənginin aşkarlanması üçün bu cür maşın təlimi alqoritmi digərlərindən daha səmərəlidir. Bu modelin dəqiqliyi daha çox verilənlər təqdim etməklə yaxşılaşdırıla bilər.

(Hasan et al., 2019, p. 012035) işində müəlliflər göstərir ki, xətti SVM-də təlim və testdən sonra onu emal etmək üçün aparat imkanları problemi yarandı. Bu problemi həll etmək üçün təsvir 5 hissəyə bölünmüşdür. Hər bir hissə klassifikasiya edilmişdir.

SVM_RBF-in istifadəsi zamanı emal prosesində çətinlik yaranmışdır. Verilənlərin əlçatmaz olduğu və əlavə düzəliş tələb olunduğu güman edilirdi. Bu həyata keçirildi və alqoritm onları emal etməyə müvəffəq oldu. Lakin RBF alqoritmı xəbərdarlıq göstərdi və verilənlərin miqyaslanmasını tələb etdi. Verilənləri diapazona uyğunlaşdırmaq məqsədilə miqyaslama vasitəsilə onların ədədi ifadəsi dəyişdirildi. RBF iki variantda miqyaslama (Standard və Minimax) təqdim edir ki, burada Minimax istifadə edilmişdir.

RBF-də təsvir verilənləri üzərində düzəlişlərin edilməsi xətti variantda da bunun edilməsini tələb etdi.

RBF xətti alqoritmlə müqayisədə dəqiqliyi ilə fərqlənsə də, xətti SVM-in böyük təsvirlərə daha davamlı, həmçinin istifadəsinin daha sadə olduğu məlum oldu. Bu, onunla əlaqədardır ki, RBF-in parametrlərindən üçü (C-supports, gamma və Maximum iterations) verilənlər dəsti üçün optimallaşdırılmış olsa da, bu metodlar hər bir parametr üçün təyin olunmuş mümkün qiymətlər diapazonundan asılıdır.

Dəqiqliyin qiymətləndirilməsi hər bir təsvirin ümumi klassifikasiyasının vizual interpretasiyası ilə müqayisədə həqiqəti əks etdirmir. CNN klassifikasiya yanaşmaları dərin

neyron şəbəkə modelinin müəyyən edilməsini tələb edir. Bu model SVM ilə müqayisə oluna bilən sadə bir model kimi müəyyən edilmişdir. CNN-in işləmə üsulu verilənlərin “nüvə pəncərəsi” tərəfindən emal üçün hazırlanmasını tələb edir. Tədqiqatda nüvə pəncərəsi əvvəlki araşdırmalara əsasən 5x5 piksel olaraq təyin edilmişdir.

CNN-dən küylü zolaqları azaltmaq üçün verilənlərin ölçülərini azaltmaq tələb olundu. Bununla belə, yanaşma verilənlər toplusunun təlim nümunələrini artırmaq üçün genişləndirmə tələb edirdi. CNN-in dəqiqliyi 94,01% olsa da, vizual şərh bu dəqiqliyə ziddir, çünki orada SVM təsnifatı daha yaxşı dəqiqlik göstərirdi.

(Koklu etc., 2022, p. 110425)-da müəlliflər üzüm yarpaqlarını CNN modellərindən biri olan MobileNetv2 vasitəsilə üç fərqli üsulla təsnif edir. Hər növ üçün cəmi 500 şəkil əldə edilir. Təsvirlərin təsnifatı üçün üç müxtəlif üsul təklif edilmişdir. Birinci üsulda təsnifat üçün sazlənmiş MobileNetv2 istifadə olunur. İkinci üsulda xüsusiyyətlər əvvəlcədən hazırlanmış MobileNetv2 modelinin Logits layından çıxarılır. Bu xüsusiyyətlər müxtəlif SVM əsas funksiyalarından istifadə etməklə təsnif edilir. Üçüncü üsul olaraq MobileNetv2 modelinin Logits layından çıxarılan xüsusiyyətlər Chi-Square metodu ilə seçilir və SVM ilə təsnif edilir. Alınan təsnifat dəqiqlikləri bir-biri ilə müqayisə edilir. Nəticələr üzüm yarpaqlarının təsnifatının CNN-əsaslı, xüsusiyyətlərə görə seçilmiş, SVM təsnifatı ilə uğurunu göstərir. Bundan əlavə, daha az sayda xüsusiyyət olduğu halda, onların seçimi təsnifatın keyfiyyətini yaxşılaşdırır.

(Adeniyi etc., 2022, pp. 389-402) işində eksperimental test əsasında müəyyən olunmuşdur ki, daha böyük verilənlər toplusu üçün CNN alqoritmi xəstəliklərin aşkarlanması nöqtəyindən SVM-dən daha yaxşıdır, çünki o, daha dəqiqdir və tədqiqatda göstərildiyi kimi, vacib xüsusiyyətləri (əlamətləri) avtomatik aşkarlayır. CNN 98%, SVM isə 62% dəqiqliyə malikdir. SVM CNN-dən daha sadə və asandır. Bundan başqa, müəyyən edilmişdir ki, böyük verilənlər dəsti üçün hər iki maşın təlimi alqoritmində emal üçün daha çox vaxt tələb olunur.

(Karthik and Ramkumar, 2022, p. 16785) işində əsas məqsəd idarə olunmayan mühit görüntü verilənlər bazasında iki fərqli maşın təlimi alqoritmindən istifadə edərək insan gözüünün radikal seqmentasiyasını müqayisə etməkdir. Müvafiq verilənlər bazasından, CNN və SVM modellərindən götürülmüş şəkillərdən istifadə edilmişdir. MATLAB simulyasiyasının nəticəsi göstərir ki, gözün müvafiq qişasının seqmentləşdirilməsində CNN 94%, SVM isə 72% dəqiqliyə malikdir. SPSS statistik analizində əhəmiyyətli dəqiqliyə (0,001) nail olmuşdur. Verilmiş şəkillər üçün təklif olunan CNN seqmentləşdirmə tapşırıqlarında SVM klassifikatorundan daha yaxşı dəqiqlik göstərir.

Misir və digər ərəb ölkələrində geotəhlükə riski yüksək olduğunu nəzərə alaraq, müəlliflər (Youssef etc., 2022, p. 11088-11115)-də daşqınlara qarşı həssaslığın modelləşdirilməsi üçün iki effektiv maşın təlimi metodu – MLT (SVM) və dərin təlim metodundan – DL (CNN) istifadə etməklə qiymətləndirmişlər. Qiymətləndirmə daşqın yerlərinin 30%-i üzrə aparılmışdır. Burada qəbuledici əməliyyat xarakteristikasının ayrılması göstərdi ki, dərin təlim texnikası (CNN) 86,5%, MLT (SVM) isə 71,6% proqnozlaşdırma dəqiqliyi verdi.

ƏLDƏ OLUNAN NƏTİCƏLƏR

Baxılan ədəbiyyatlara əsasən aşağıdakı nəticələrə gəlmək olar:

1. *Xüsusiyyətlərin tanınması.* CNN-lər dərin təlim paradigmasının bir hissəsi olub, iyerarxik xüsusiyyətləri birbaşa şəkillərdən avtomatik öyrənmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Onların laylı strukturu müxtəlif səviyyəli obyekt hissələrinin tanınması üçün uyğundur. CNN-əsaslı modellər laylı strukturu sayəsində xam piksel verilənlərdən xüsusiyyətləri birbaşa öyrənmə bilər. Xüsusiyyətlərin aşkarlanması prosesi təlimə inteqrasiya olunur və şəbəkəyə tapşırıq üçün xüsusi təsvirləri öyrənməyə imkan verir. "End-to-end" təlim (piksəllərdən etiketlərə qədər) əsas üstünlükdür və çox vaxt böyük miqyaslı təsvirlərin təsnifat göstəricilərində ən qabaqcıl nəticələrə gətirib çıxarır. SVM-lər təsvirlərin təsnifatı məsələlərində adətən təsnifatdan əvvəl xüsusiyyətlərin ayrıca müəyyənləşdirilməsi prosesini tələb edir. CNN-dən fərqli olaraq, onlar birbaşa xam şəkillərdən xüsusiyyət iyerarxiyalarını öyrənmək üçün nəzərdə tutulmayıb. Müasir dövrdə SVM-lərə giriş kimi CNN-lərin ara laylarından əldə edilən xüsusiyyətlərdən istifadə edilir və bununla da bəzən xüsusi nəzarət mühitlərində və ya məhdud verilənlərlə rəqabətli nəticələr əldə edilir.

2. *İcra qabiliyyəti və səmərəlilik.* Çoxsaylı tədqiqatlar göstərmişdir ki, CNN-lər, xüsusən də böyük verilənlər dəstləri (məsələn, ImageNet-miqyaslı) halında, mürəkkəb təsvirlərin tanınması məsələlərində dəqiqlik baxımından ümumiyyətlə SVM-lərdən üstündür. CNN-lər müxtəlif görüntü təhriflərinə qarşı davamlıdır və məkan iyerarxiyalarını effektiv şəkildə müəyyənləşdirə bilər ki, bu da onları mürəkkəb təsvirlərin təsnifatı problemlərinin həlli üçün əlverişli edir. Dərin CNN-lərin təlimi xüsusən də geniş təlim məlumatlarına olan tələb və ixtisaslaşdırılmış aparat təminatının ehtiyacı ilə bağlı olaraq hesablama baxımından bahalı ola bilər. Buna baxmayaraq, əvvəlcədən hazırlanmış şəbəkələrin mövcudluğu və transfer learning yüksək məhsuldarlığa nail olmaq üçün maneəni əhəmiyyətli dərəcədə azaltmışdır.

SVM-lər yaxşı işlənmiş xüsusiyyətlərlə birləşdirildikdə, daha sadə və ya kiçik miqyaslı məsələlər üzərində yaxşı nəticələr göstərə bilər. Bununla belə, verilənlərin mürəkkəbliyi artdıqda onlar geridə qalmağa meyillidirlər.

Daha kiçik verilənlər dəstləri üzrə təlim zamanı SVM-lər nisbətən az hesablama intensivliyinə malikdir. Bununla belə, böyük ölçülü məlumatlarda (xüsusilə böyük CNN-lərdən çıxarılan funksiyalardan istifadə edilərsə), SVM-lər, xüsusən də nüvəyə əsaslanan (kernel method) metodlarla miqyaslama problemləri ilə üzləşə bilər. Nəticədə (və ya sınaq müddətində) həm CNN-lər, həm də yaxşı həyata keçirilən SVM-lər sürətli təsnifata nail ola bilər. Bununla belə, neyron şəbəkənin sürətləndirilməsindəki irəliləyişlər CNN-in səmərəliliyi ilə bağlı narahatlıqları böyük ölçüdə həll etmişdir.

3. *Çeviklik və end-to-end təlim.* CNN-lərin end-to-end təlim paradigması yeni tapşırıqlara uyğunlaşmaq üçün çeviklik təmin edir. CNN öyrədildikdən (və ya transfer learning yolu ilə dəqiqləşdirildikdən sonra) onun xüsusiyyət çıxarma layları və təsnifatı birlikdə verilənlər bazasının xüsusiyyətlərinə uyğunlaşır. SVM isə əksinə, xüsusiyyətlər düzəldildikdən sonra ümumiyyətlə klassifikator kimi istifadə olunur. Bu iki mərhələli proses (xüsusiyyətlərin çıxarılması, sonra təsnifat) inteqrasiyanı daha çətinləşdirir və hər bir komponent üçün ayrıca sazlama tələb edə bilər.

4. *Ən müasir trendlər.* Son dövrlərdə hesablama xərclərini azaldaraq yüksək dəqiqliyi qoruyan səmərəli və yüngül CNN arxitekturalarının inkişafını görmək olar. Təlim

strategiyaları, verilənlərin artırılması və nizamlanmasındakı yeniliklər CNN məhsuldarlığını daha da artıraraq, onları bir çox akademik və sənaye tətbiqlərində təsvirlərin təsnifatı üçün faktiki seçim etmişdir. Məhdud təlim verilənləri, daha kiçik miqyaslı məsələlərlə məşğul olduqda, şərh edilə bilən və nüvə metodlarından istifadə bacarığına üstünlük verildiyi hallarda isə SVM aktual olmağa davam edir. Bununla belə, genişmiqyaslı təsvirlərin təsnifatı tapşırıqları üçün CNN-lə müqayisədə, SVM-lər ümumiyyətlə dəqiqlik baxımından daha az səmərəli hesab olunur və ayrıca xüsusiyyət çıxarma ehtiyacı nəzərə alınmaqla daha az çevikdir.

MÜZAKİRƏ

Ümumi dəqiqlik, uyğunlaşma və xüsusiyyətlərin çıxarılmasının avtomatlaşdırılması baxımından CNN-lər təsvirlərin təsnifatı üçün adətən daha səmərəlidir. Əsas səbəblərə daxildir:

1. *End-to-end təlim:* CNN-lər təlim zamanı hər ikisini eyni vaxtda optimallaşdıraraq xüsusiyyətlərin çıxarılması və təsnifatını birləşdirir. Bu, təsvirin təsnifatı üçün daha yaxşı uyğunlaşdırılmış metodlara gətirib çıxarır.
2. *İyerarxik xüsusiyyətlərin tanınması:* CNN-lərdə konvolyusiya layları avtomatik olaraq aşağı səviyyəli kənarlardan yüksək səviyyəli obyekt hissələrinə qədər xüsusiyyətlər iyerarxiyasını qurur. Bu iyerarxik yanaşma şəkillərin məkan strukturu ilə məşğul olan zaman mahiyyət etibarilə daha səmərəlidir.
3. *Miqyaslama qabiliyyəti:* Böyük verilənlər bazalarının mövcudluğu və hesablama resurslarının təkmilləşdirilməsi ilə CNN-lər çox böyük və mürəkkəb verilənlər dəstlərinə səmərəli şəkildə miqyaslanmışdır, burada SVM-lər funksiyaların çıxarılmasının ilkin emalını tələb edir.
4. *Adaptasiya:* Müasir CNN arxitekturaları və transfer learning paradigmaları praktikada yüksək effektiv olan oxşar tapşırıqlar üzrə əvvəlcədən hazırlanmış şəbəkələrdən istifadə etməyə imkan verir.

SVM-lər, xüsusən məhdud və manual ssenarilərdə güclü klassifikatorlar olsa da, ümumiyyətlə, cari təsvirin təsnifatı məsələlərində daha az rəqəbətlidir, xüsusən də CNN əsaslı metodlar inkişaf etməkdə və etalon göstəricilərə üstünlük verməkdə davam edir.

Ənənəvi maşın təlimi daha sadə təsvirlərin tanınması məsələləri üçün uyğun olsa da, dərin təlim böyük verilənlər dəstlərindən xüsusiyyətləri avtomatik öyrənmək qabiliyyətinə görə ümumiyyətlə daha mürəkkəb tapşırıqlar üçün üstünlük verilən yanaşmadır. Nəticədə, dərin təlim son illərdə üz tanınması, obyektlərin aşkarlanması və təsvirlərin təsnifatı kimi tətbiqləri gücləndirərək üstünlük təşkil edən üsula çevrilmişdir. Tədqiq edilən ən son ədəbiyyata əsaslanaraq, CNN-lər təsvirin təsnifatı üçün daha səmərəli alqoritm hesab olunur. Onlar əsas etibarilə SVM-ləri üstələyirlər, çünki onların end-to-end təlim imkanları, mürəkkəb təsvir məlumatlarında dayanıqlı icra qabiliyyəti, müasir avadanlıq və transfer learning üsulları ilə mümkün olan yüksək adaptasiya qabiliyyəti var. SVM-lər xüsusi sahələrdə (məsələn, nüvə metodlarının sərfəli olduğu kiçik verilənlər bazalarında və ya tətbiqlərdə) faydalı alət olaraq qalmasına baxmayaraq, ümumi tendensiya CNN-ləri əksər müasir görüntü təsnifatı tapşırıqları üçün daha səmərəli və praktiki həll yolu kimi göstərir.

ƏDƏBİYYAT

1. Фаталиев, Т. Х., & Вердиева, Н. Н. (2019). Вопросы обеспечения информационной безопасности в проектах гражданской науки. Информационные технологии. Проблемы и решения, (4), 50-55.
2. Chaudhari, K. G. (2018). Comparative Analysis of CNN models to diagnose Breast Cancer. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 7(10), 8180-8187.
3. Hasan, H., Shafri, H. Z., & Habshi, M. (2019, November). A comparison between support vector machine (SVM) and convolutional neural network (CNN) models for hyperspectral image classification. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 357, No. 1, p. 012035). IOP Publishing.
4. Koklu, M., Unlarsen, M. F., Ozkan, I. A., Aslan, M. F., & Sabanci, K. (2022). A CNN-SVM study based on selected deep features for grapevine leaves classification. Measurement, 188, 110425.
5. Adeniyi, A. E., Madamidola, O. A., Awotunde, J. B., Misra, S., & Agrawal, A. (2022, December). Comparative Analysis of CNN and SVM Machine Learning Techniques for Plant Disease Detection. In International Conference on Data, Engineering and Applications (pp. 389-402). Singapore: Springer Nature Singapore.
6. Karthik, B., & Ramkumar, G. (2022). Comparison of feature extraction technique for segmentation in Human Iris recognition under uncontrolled environment using CNN algorithm with SVM classifier. Ecs Transactions, 107(1), 16785.
7. Youssef, A. M., Pradhan, B., Dikshit, A., & Mahdi, A. M. (2022). Comparative study of convolutional neural network (CNN) and support vector machine (SVM) for flood susceptibility mapping: a case study at Ras Gharib, Red Sea, Egypt. Geocarto International, 37(26), 11088-11115.

ABSTRACT

Nargiz Verdiyeva

COMPARATIVE ANALYSIS OF CNN AND SVM ARCHITECTURES IN CITIZEN SCIENCE IMAGE RECOGNITION

Citizen science, which is considered a new direction of electronic science, has emerged as a paradigm that has driven the development of science all over the world over the past few decades. Although the history of citizen science is ancient, in recent years the development of ICT has led to significant breakthroughs here and shaped it as a transformative field of science. Citizen science projects, characterized by the active voluntary participation of citizen scientists in projects, are a modern approach to scientific research. Citizen science, which has begun to gain momentum in recent times, continues to make great and significant contributions to scientific research by covering various fields of science. The fact that the general public is involved in various stages of scientific research is reflected in the fact that its main research object is nature and the environment. In connection with this feature, the recognition

of photographs taken when the research object of citizen science is being investigated, the high-precision identification and classification of various objects and natural phenomena there play an important role. The article conducts a comparative analysis of deep learning and machine learning methods used in image recognition in citizen science projects. During the research, the relevant scientific literature of recent periods on the subject was reviewed and analyzed. In these literatures, various cases where both CNN and SVM architectures are applied are considered and the results of the experiments are compared and presented. Finally, the obtained results are summarized and the characteristic features of the compared methods are shown.

Key words: *citizen science, image recognition, machine learning, deep learning.*

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С ВЫЧИСЛЕННЫМИ ВЕСАМИ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206507>

Полад ГЕЙДАРОВ

plbaku2010@gmail.com

Институт Систем Управления, Баку, Азербайджан

АННОТАЦИЯ

В работе представлены результаты сравнительных экспериментов по обучению сверточной нейронной сети (CNN) на датасете цифр MNIST с использованием двух подходов к инициализации весов: заранее вычисленных и случайных. Предварительные значения весов были получены аналитически на основе всего 10 случайно выбранных изображений из обучающей выборки MNIST. Расчёт весов потребовал минимального времени. При тестировании такой (ещё не обученной) сети на тестовой выборке MNIST было достигнуто результата распознавание сразу более 50% изображений. В работе было показано результаты пяти сравнительных экспериментов. Результаты экспериментов показали, что обучение CNN с заранее вычисленными весами приводит к лучшим результатам и требует меньше времени по сравнению с обучением при случайной инициализации весов.

Ключевые слова: сверточные нейронные сети, алгоритм обратного распространения ошибки, вычисление значения весов CNN, многослойный перцептрон, инициализация весов нейронной сети

ABSTRACT

Polad Haydarov

COMPARATIVE EXPERIMENTS OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK WITH COMPUTED WEIGHTS

This paper presents the results of comparative experiments on training a convolutional neural network (CNN) using the MNIST digit dataset with two weight initialization approaches: analytically precomputed weights and random initialization. The initial weight values were analytically calculated based on only 10 randomly selected images from the MNIST training set. The weight computation required minimal time. When testing this (still untrained) network on the MNIST test set, more than 50% of the images were correctly recognized. A series of experiments showed that training a CNN with precomputed weights leads to better results and requires less time compared to training with randomly initialized weights.

Keywords: convolutional neural networks, backpropagation algorithm, CNN weight initialization, multilayer perceptron, neural network weight initialization.

XÜLASƏ

Polad Heydərov

HESABLANMIŞ ÇƏKİLƏRLƏ KONVOLYUSIYA NEYRON ŞƏBƏKƏSİNİN MÜQAYISƏLİ EKSPERIMENTLƏRİ

Bu işdə MNIST rəqəm məlumat bazasında konvolusion neyron şəbəkənin (CNN) öyrədilməsi üzrə iki fərqli çəki ilkinləşdirmə üsulunun: əvvəlcədən hesablanmış və təsadüfi seçilmiş müqayisəli eksperimentlərinin nəticələri təqdim olunur. Əvvəlcədən hesablanmış çəki dəyərləri MNIST-in

öyrədici seçməindən təsadüfi seçilmiş cəmi 10 təsvir əsasında analitik üsulla əldə olunmuşdur. Çəkirlərin hesablanması çox az vaxt tələb etmişdir. Bu cür (hələ öyrədilməmiş) şəbəkə MNIST-in test bazasından sınaqdan keçirilərkən əl yazma rəqəm təsvirlərin 50%-dən çoxunu düzgün tanıya bilmişdir. Eksperimentlər göstərmişdir ki, çəkirləri əvvəlcədən hesablanmış CNN-in öyrədilməsi, təsadüfi çəkirlər ilə müqayisədə daha yaxşı nəticələr verir və buna görə daha az vaxt tələb edir.

Açar sözlər: konvolyusion neyron şəbəkələr, geri yayılma alqoritmi, CNN çəkirlərinin hesablanması, çoxqatlı perseptron, neyron şəbəkələrin çəkirlərinin ilkinləşdirilməsi.

ВВЕДЕНИЕ

Сверточные нейронные сети (CNN) в настоящее время находят широкое применение в задачах распознавания образов (Bhandari et al., 2020; Khan et al., 2022; Liu et al., 2020; Sharma & Makwana, 2020; Ullah et al., 2024). Однако создание глубоких CNN сопряжено с рядом трудностей, включая высокую продолжительность обучения, необходимость использования больших объемов обучающих данных и другие проблемы. В работах (Geidarov, 2020; Geidarov, 2022;) была предложена методика предварительного аналитического вычисления весов нейронной сети на основе метрических методов распознавания, продемонстрированная на примере трёхслойной полносвязной архитектуры. Суть подхода заключается в том, чтобы заранее вычислить значения весов сети, используя малое количество обучающих примеров (например, 10–50 изображений), с возможностью последующего до обучения сети стандартными алгоритмами обучения. Проведённые эксперименты с базой изображений MNIST показали, что предварительное задание весов позволяет в течение короткого времени (доли секунды или минуты) получить рабочую нейронную сеть, способную без дополнительного обучения распознавать более половины изображений из тестового набора. Кроме того, результаты последующего обучения таких сетей свидетельствуют о более высокой скорости сходимости и лучших итоговых показателях точности по сравнению с сетями, инициализированными случайным образом (Geidarov, 2020). Также было установлено, что сети с заранее вычисленными весами демонстрируют повышенную устойчивость к уменьшению объема обучающей выборки (Geidarov, 2022).

В работе (Geidarov, 2024) был предложен аналогичный подход для сверточных нейронных сетей. Показано, что используя всего 10 изображений, по одному от каждого класса цифр из базы MNIST (см. рис. 1), можно построить CNN, которая уже на начальном этапе, без обучения, распознаёт более половины тестовых изображений.

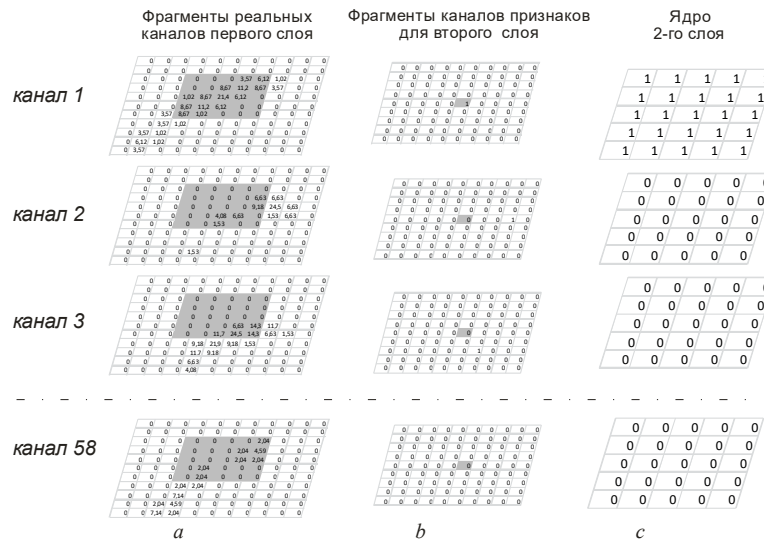
На рис.2, 3, 4, 5 показаны примеры аналитически вычисленных значений весов для ядер первого и второго слоя сверточной нейронной сети (рис.2, 3), значения весов первого, второго и третьего слоя для полносвязной нейронной сети (рис. 4, 5). Подробный алгоритм аналитического вычисления значения весов CNN был приведен в работе (Geidarov, 2024).



Рис.1. Случайным образом выбранные 10 изображений цифр из базы MNIST используемые для вычисления весов сверточной нейронной сети.

Ядро 1					Ядро 2					Ядро 3					Ядро 4				
-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1
-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1

1	1	1	1	1		1	1	-1	-1	1		1	-1	-1	-1	-1		-1	-1	-1	1	1
Признак для первого ядра						Признак для второго ядра						Признак для третьего ядра						Признак для 4-го ядра				
0	0	0	0	2,55		0	2,55	0	0	0		0	2,55	2,55	2,55	2,55		2,55	2,55	0	0	0
0	0	0	0	2,55		0	2,55	2,55	0	0		2,55	2,55	2,55	2,55	2,55		2,55	2,55	2,55	0	0
0	0	2,55	2,55	2,55		2,55	2,55	2,55	2,55	2,55		2,55	2,55	2,55	2,55	0		0	2,55	2,55	0	0
0	2,55	2,55	2,55	2,55		2,55	2,55	2,55	2,55	2,55		2,55	2,55	0	0	0		0	0	2,55	2,55	0
2,55	2,55	2,55	2,55	2,55		2,55	2,55	0	0	2,55		2,55	0	0	0	0		0	0	0	2,55	2,55



Для вычисления весов полносвязной нейронной сети использовался многослойный персептрон реализующий метод ближайшего соседа (рис.6).

Рис.4 Фрагмент значений весов для первого нейрона нулевого слоя полносвязной нейронной сети CNN.

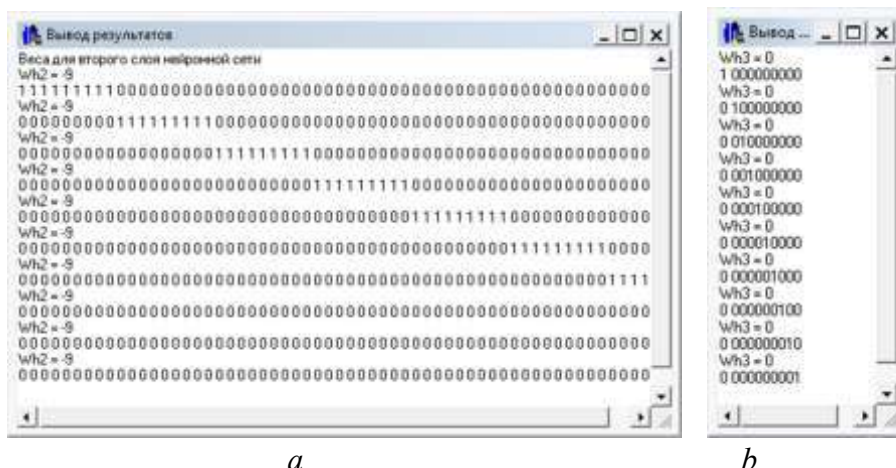


Рис. 5 (а) – Значения фрагмента весов и смещений (*bias*) нейронов второго слоя для полносвязной нейронной сети, (б) - Значения всех весов связей и смещений (*bias*) нейронов выходного третьего слоя для полносвязной нейронной сети.

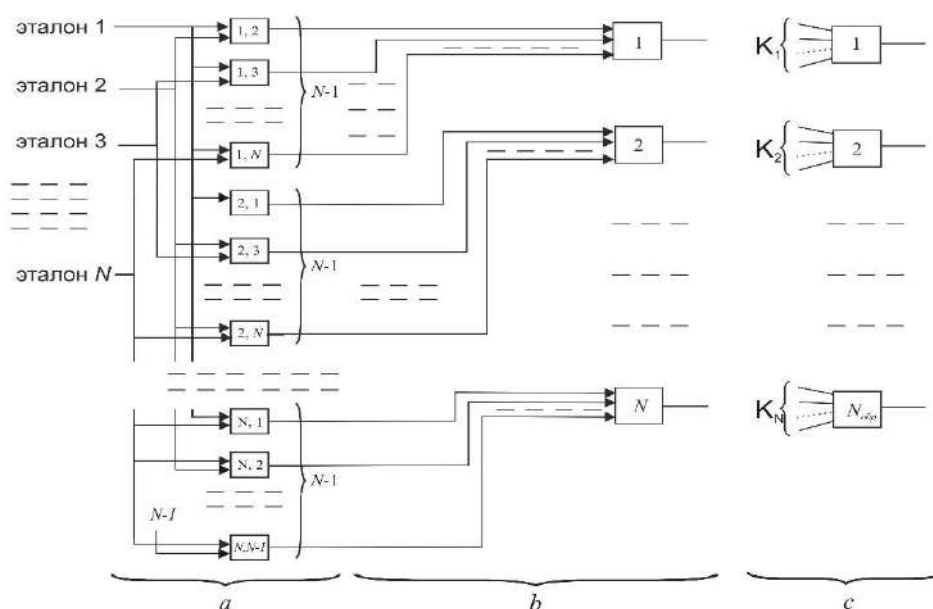


Рис.6 Многослойный персептрон реализующий метод ближайшего соседа.

Поставленная цель заключалась в том, что бы провести сравнительные эксперименты обучения нейронной сети CNN с вычисленными весами и такой же по структуре CNN со случайными весами.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ОБУЧЕНИЯ CNN

В сравнительных экспериментах использовалась CNN с двумя сверточными и тремя полносвязными слоями. Структура используемой CNN описана ниже в программном коде Python:

```
model = models.Sequential([
    layers.Conv2D(58, (5, 5), activation='relu', input_shape=(28, 28, 1)),
    layers.Conv2D(47, (5, 5), activation='relu'),
    layers.Flatten(),
```

```

layers.Dense(90, activation='relu'),
layers.Dense(10, activation='relu'),
layers.Dense(10, activation='softmax')
])

```

Нужно здесь сказать, что сам процесс вычисления и тестирования значения весов сверточной нейронной сети выполнялся в программной среде C++ Builder, а эксперименты с обучением CNN выполнялись в среде Python с использованием библиотек TensorFlow, Keras. Для этого вычисленные значения весов сохранялись в текстовом формате (рис. 7) и далее загружались в модель CNN в среде Python. При этом предварительно ко всем вычисленным значениям весов прибавлялись некоторые случайные значения определяемые в диапазоне [0,0005, -0,0005]. Это было сделано с целью исключения нулевых значений весов в нейронной сети и таким образом облегчения работы алгоритма обратного распространения ошибки.

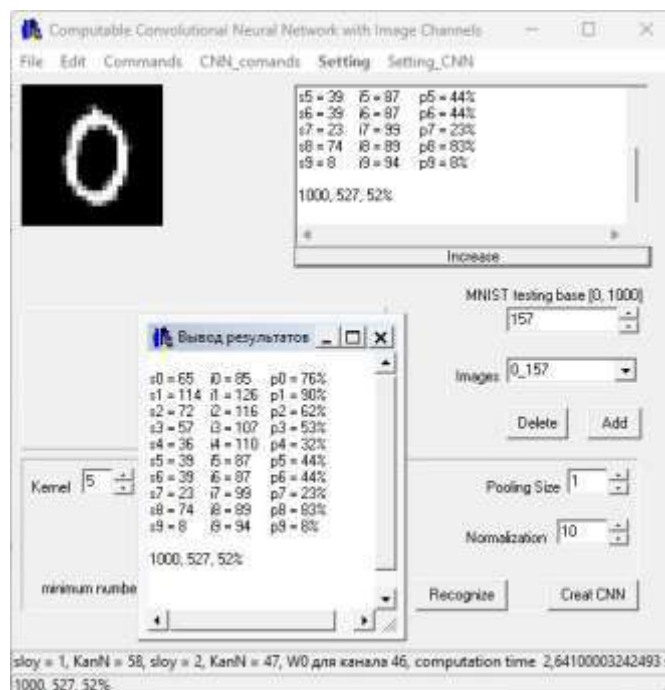
# Shape: (5, 5, 1, 58)	# Shape: (5, 5, 58,	# Shape: (18800, 90)	# Shape: (90,10)	# Shape: (10,10)
-0,09979	47)	-0,10003	0,09988	0,10011
-0,10048	-0,00041	0,00037	0,00043	-0,00047
-0,10007	0,10006	-0,00023	0,00016	0,0001
...	0,0004	...	...	...
	...			
# Shape: (58,)		# Shape: (90,)	# Shape: (10,)	# Shape: (10,)
-1,4282	# Shape: (47,)	4E-5	-0,00015	0,00026
-1,63216	-0,00034	-0,00041	-0,00012	0,00013
-1,63218	0,00047	-0,00024	0,00018	-0,00035
...	-0,00036	...	...	...
	...			

Рис.7 Значения всех вычисленных весов вычисленных в C++ и сохраненных в текстовом формате для загрузки в нейронную сеть в среде Keras (Python).

CNN с аналитически вычисленными весами проверялась в C++ Builder на наборе 1000 изображений тестовой базы MNIST (рис.8a) и на наборе 10000 изображений той же базы в среде Python (рис.8b).

Результат проверки CNN после вычисления весов на 1000 первых изображениях тестовой базы MNIST составила 52,7% правильно узанных изображений (рис.8a) и 51,67% на тестовом наборе в 10000 изображений (рис.8b).

В табл.1 приведены результаты 4 экспериментов обучения нейронной сети с применением 1 батча в алгоритме обучения на обучающей базе MNIST (60000 изображений), как с предварительно вычисленными весами, так и результаты трех обучений той же нейронной сети со случайными весовыми значениями. В качестве параметров для сравнения экспериментов использовались такие данные как: ассигасу, Точность, Loss, Время выполнения эпохи. При этом значения ассигасу, Точность - это величины оценивающая точность распознавания тестовой базы MNIST, вычисляемые разными встроенными в Python формулами.



(a)

10000/10000 ————— 38s 4ms/step - accuracy: 0.5167 - loss: 2.0193

Точность на тестовых данных: 0.4878

(b)

Рис. 8 (a) Тестирование вычисленной CNN на тестовом наборе MNIST в среде C++ Builder с использованием 1000 изображений, (b) и в среде Python на тестовом наборе с 10000 изображениями MNIST.

Табл. 1. Результаты проверки CNN с вычисленными весами и CNN со случайной инициализацией весов на тестовой базе цифр после каждой эпохи обучения с использованием 1 батча.

	CNN с вычисленными весами	CNN со случайными весами		
		1 эксперимент	2 эксперимент	3 эксперимент
Тестирование до обучения	0.5167	0.0927	0.0725	0.0535
Loss до обучения	2.0193	2.3018	2.3209	2.3119
Эпоха 1				
accuracy	0.9804	0.9647	0.9323	0.9617
Точность	0.9849	0.9679	0.9433	0.9687
Loss	0.3154	0.4344	0.4999	0.4541
Время выполнения	1454.92 секунд	1547.31 секунд	1538.06 секунд	1561.73 секунд
Эпоха 2				
accuracy	0.9810	0.9798	0.9647	0.9799
Точность	0.9854	0.9841	0.9690	0.9838
Loss	0.2580	0.3308	0.3107	0.2197
Время выполнения	1322.18 секунд	1391.75 секунд	1399.97 секунд	1379.34 секунд
Эпоха 3				
accuracy	0.9848	0.9821	0.9746	0.9766
Точность	0.9890	0.9867	0.9811	0.9821
Loss	0.2260	0.2744	0.1983	0.2011
Время выполнения	1307.06 секунд	1365.00 секунд	1355.33 секунд	1368.58 секунд

Из табл.1 можно видеть, что результаты обучения CNN с аналитически вычисленными весами по всем параметрам на каждой эпохе обучения показывают лучшие результаты, чем результаты обучения CNN со случайной инициализацией. Время обучения CNN с вычисленными весами на каждой эпохе также меньше, чем время обучения CNN со случайной генерацией весов. Если сравнивать полученные цифры в табл.1 с предыдущими результатами эпох, то можно увидеть, что процесс обучения CNN с вычисленными весами обучается на 1-2 эпохи быстрее CNN со случайно сгенерированными весами.

Табл.2 . Результаты проверки CNN с вычисленными весами и CNN со случайной инициализацией весов на тестовой базе цифр после каждой эпохи обучения с использованием 32 и 64 батчей алгоритма обучения.

	Батч 32		Батч 64	
	CNN с вычисленными весами	CNN со случайными весами	CNN с вычисленными весами	CNN со случайными весами
Тестирование до обучения	0.5167	0.0821	0.5167	0.0421
Loss до обучения	2.0193	2.3230	2.0193	2.3218
Эпоха 1				
accuracy	0.9842	0.9794	0.9852	0.9776
Точность	0.9876	0.9838	0.9881	0.9820
Loss	0.0497	0.0656	0.0447	0.2049
Время выполнения	515.83 секунд	526.14 секунд	423.40 секунд	430.34 секунд
Эпоха 2				
accuracy	0.9852	0.9838	0.9905	0.9727
Точность	0.9884	0.9877	0.9926	0.9769
Loss	0.0437	0.0498	0.0342	0.1780
Время выполнения	511.82 секунд	532.15 секунд	420.87 секунд	441.91 секунд
Эпоха 3				
accuracy	0.9905	0.9887	0.9896	0.9877
Точность	0.9928	0.9912	0.9916	0.9904
Loss	0.0313	0.0357	0.0323	0.1153
Время выполнения	506.82 секунд	529.14 секунд	422.72 секунд	441.91 секунд

В таблице 2 приведены результаты экспериментов обучений той же нейронной сети CNN с предварительно вычисленными и случайно генерированными весами в пакетном алгоритме обучения back propagation с использованием 32 и 64 батча. Из таблицы 2 можно также наблюдать, что нейронная сеть с вычисленными весами после каждой эпохи обучения как с 32 так и с 64 батчами показывает лучший результат обучения CNN, дает меньшую ошибку Loss и требует меньшее время обучения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенные результаты показали, что сверточная нейронная сеть вычисленная с использованием всего 10 изображений цифр, позволяет сразу получить нейронную сеть способную распознавать более 50% тестовой базы MNIST, а процесс обучения при этом ускоряется и достигает более высоких результатов и требует меньшее

время обучения нейронной сети CNN. Можно также предположить, что увеличение количества эталонных изображений используемых для аналитического вычисления значений весов позволит еще более сократить время обучения нейронной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Bhandari, A., Reddy, G. T., Lakshmana, K., et al. (2020). Effective processing of convolutional neural networks for computer vision: A tutorial and survey. *Indian Journal of Science and Technology*, 13(38), 3908–3919. <https://doi.org/10.17485/IJST/v13i38.1147>

Geidarov, P. Sh. (2020). Comparative analysis of the results of training the neural network with calculated weights and with random generation of the weights. *Automation and Remote Control*, 81(7), 1211–1229.

Geidarov, P. Sh. (2022). A comparative analysis of a neural network with calculated weights and a neural network with random generation of weights based on the training dataset size. *Optical Memory and Neural Networks*, 31(3), 309–321.

Geidarov, P. Sh. (2024). Analytical calculation of weights convolutional neural network. *Optical Memory and Neural Networks*, 33(2), 157–177.

Khan, A., Sohail, A., Zahoor, U., & Qureshi, A. S. (2022). Human activity recognition using tools of convolutional neural networks: A state of the art review, data sets, challenges, and future prospects. *Computers in Biology and Medicine*, 145, 105447. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2022.105447>

Liu, L., Ouyang, W., Wang, X., & Fieguth, P. (2020). Convolutional neural networks: A review of models, methodologies and applications to object detection. *Pattern Recognition*, 77, 66–81. <https://doi.org/10.1007/s13748-019-00203-0>

Sharma, A., & Makwana, D. (2020). Object recognition using convolutional neural networks. In *Computer Vision and Machine Learning in Agriculture*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89974>

Ullah, I., Naeem, M., Mahmood, A., & Ahmad, J. (2024). A survey on convolutional neural networks and their performance limitations in image recognition tasks. *Computational Intelligence and Neuroscience*, Article ID 2797320. <https://doi.org/10.1155/2024/2797320>

ƏNƏNƏVİ ANTIVIRUS PROQRAMINA QARŞI DƏRİN ÖYRƏNMƏ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206536>

Hüseyn QASIMOV

huseynqasimov@ndu.edu.az

ORCID ID: 0000-0002-3714-875X

Ruqəyyəxanım QƏRİBZADƏ

ruqeyyexanim202027@icloud

ORCID ID: 0009-0001-4962-918X

*NDU İnformasiya mühafizəsi və
təhlükəsizliyi Magistratura*

XÜLASƏ:

Kibertəhlükəsizlik getdikcə mürəkkəbləşir, ənənəvi antivirus proqramı sıfır gün istismarları və qabaqcıl davamlı təhdidlər (APT) kimi müasir təhlükələrlə ayaqlaşmağa çalışır. İmza əsaslı aşkarlama və evristik təhlil də daxil olmaqla ənənəvi üsullar məlum zərərli proqramlara qarşı təsirli olsa da, onlar yeni və ya mürəkkəb hücumları aşkar etməkdə zəif qalır. Digər tərəfdən, dərin öyrənmə əsaslı təhlükəsizlik sistemləri əvvəllər görünməmiş təhdidlərin üstün aşkarlanmasını təmin edərək nümunələri və davranışları təhlil etmək üçün süni intellektdən istifadə edir. Bununla belə, dərin öyrənmə sistemləri daha çox hesablama resursları tələb edir və düşmənin hücumlarına qarşı həssasdır. Ənənəvi antivirus metodlarını süni intellektə əsaslanan həllərlə birləşdirən hibrid yanaşma kibertəhlükəsizliyin müdafiəsini gücləndirmək üçün perspektivli strategiya təklif edir və daha geniş spektrli kibertəhlükələrə qarşı hərtərəfli müdafiəni təmin edir.

Açar sözlər: *Kibertəhlükəsizlik, dərin öyrənmə, antivirus proqramı, maşın öyrənməsi, təhlükənin aşkarlanması.*

Giriş

Kibertəhlükəsizlik təhdidləri, kibercinayətkarların ənənəvi müdafiə mexanizmlərini yan keçmək üçün mürəkkəb üsullardan istifadə etməsi ilə illər ərzində əhəmiyyətli dərəcədə inkişaf etmişdir. Adi antivirus proqramı, ilk növbədə, faylın atributlarının zərərli proqram imzalarının əvvəlcədən müəyyən edilmiş verilənlər bazası ilə müqayisə edildiyi imza əsaslı aşkarlamaya əsaslanır. Bundan əlavə, xüsusi təhlükə əvvəllər müəyyən edilməmiş olsa belə, zərərli proqram təminatının göstəricisi olan şübhəli davranışı aşkar etmək üçün evristik təhlildən istifadə edilir. Bu imkanlara baxmayaraq, ənənəvi antivirus həlləri sıfır gün istismarları, polimorfik zərərli proqramlar və qabaqcıl davamlı təhdidlər (APT) kimi müasir təhlükələrə qarşı mübarizə aparır. Kiberhücumların bu mürəkkəb formaları daim təkmilləşir və imza əsaslı antivirus proqramlarının davam etməsini çətinləşdirir. Bundan əlavə, hər gün yaradılan yeni zərərli proqram nümunələrinin artan həcmi ənənəvi metodların məhdudiyyətlərini daha da gücləndirir. Bunun əksinə olaraq, dərin öyrənmə əsaslı təhlükəsizlik sistemləri zərərli proqram təminatını dinamik şəkildə təhlil etmək və təsnif etmək üçün süni neyron şəbəkələrindən (ANN) istifadə edir. İmza əsaslı antivirus proqramlarından fərqli olaraq, dərin öyrənmə modelləri yalnız əvvəlcədən müəyyən edilmiş nümunələrə etibar etmir. Bunun əvəzinə, onlar kibertəhlükələrlə əlaqəli mürəkkəb nümunələri və davranışları tanımağa imkan verən yaxşı və zərərli kodun geniş verilənlər bazası üzrə təlim alırlar. Bu qabiliyyət dərin öyrənmə sistemlərinə zərərli proqram imza verilənlər bazasına tez-tez yeniləmələr tələb etmədən yeni və əvvəllər naməlum hücumları müəyyən etməyə və azaltmağa imkan verir.[2][3]

Ənənəvi antivirus proqramı

Ənənəvi antivirus proqram təminatı zərərli proqram təhlükələrini müəyyən etmək və zərərsizləşdirmək üçün imza əsaslı aşkarlama, evristik təhlil və davranış monitorinqinin birləşməsindən istifadə edir. İmza əsaslı aşkarlama faylları və prosesləri məlum zərərli proqram imzalarının verilənlər bazasına qarşı skan etməklə işləyir. Uyğunluq aşkar edilərsə, antivirus proqramı təhlükəni bloklayır və ya karantinə qoyur. Bu üsul məlum zərərli proqramlara qarşı effektiv olsa da, hələ kataloqlaşdırılmamış yeni və dəyişdirilmiş təhlükələri aşkar etmək üçün mübarizə aparır. Aşkarlama imkanlarını artırmaq üçün bir çox antivirus proqramları evristik analizi özündə birləşdirir.[4] Bu yanaşma potensial zərərli fəaliyyətləri müəyyən etmək üçün fayl atributlarını, kod strukturunu və iş zamanı davranışını araşdırır. Evristik təhlil naməlum təhlükələrdən qorunma dərəcəsini təmin etsə də, qanuni faylların zərərli kimi qeyd oluna biləcəyi yalan pozitivlərə meyllidir. Ənənəvi antivirus həllərindəki digər ümumi xüsusiyyət, şübhəli faylları sistemdə işləməyə icazə verməzdən əvvəl onların davranışlarını müşahidə etmək üçün təcrid olunmuş mühitdə icra edən bir texnika olan sandboxingdir. Effektiv olsa da, sandboxing resurs tutumlu və ləng ola bilər, real vaxt təhlükənin aşkarlanmasında praktik istifadəsini məhdudlaşdırır.[5]

Dərin Öyrənməyə əsaslanan Təhlükəsizlik Sistemləri

Dərin öyrənmə böyük həcmdə məlumatları təhlil etmək və zərərli nümunələri müəyyən etmək üçün süni intellektdən istifadə etməklə kibertəhlükəsizliyi artırır. Əvvəlcədən təyin edilmiş imzalara əsaslanan ənənəvi antivirus həllərindən fərqli olaraq, dərin öyrənmə modelləri anomaliyaları və şübhəli davranışları aşkar etmək üçün neyron şəbəkələrdən istifadə edir. Bu modellər, xassələri və davranışları əsasında əvvəllər görünməmiş təhdidləri tanımağa imkan verən müxtəlif zərərli və zərərli proqram nümunələrini ehtiva edən geniş verilənlər bazası üzərində öyrədilir.[3] Dərin öyrənməyə əsaslanan təhlükəsizlik sistemləri davranış analizi, anomaliyaların aşkarlanması və real vaxt monitorinqi kimi üsullardan istifadə edir. Davranış təhlili faylların və proqramların zərərli niyyət nümayiş etdirib-göstərmədiyini müəyyən etmək üçün hərəkətlərinin öyrənilməsinə əhatə edir. Anomaliyaların aşkarlanması kibercinayətə işarə edə biləcək normal sistem davranışından kənarlaşmaların müəyyən edilməsinə yönəlib. Bu üsullar dərin öyrənmə modellərinə zaman keçdikcə uyğunlaşmağa və təkmilləşdirməyə imkan verir ki, bu da onları ənənəvi antivirus proqram təminatı ilə müqayisədə mürəkkəb təhdidləri müəyyən etməkdə daha effektiv edir. Kibertəhlükəsizlikdə dərin öyrənmənin əsas üstünlüklərindən biri onun sıfır gün təhlükələrini aşkar etmək qabiliyyətidir - zəiflikləri yamaqdan əvvəl istifadə edən zərərli proqram. Dərin öyrənmə modelləri məlum imzalara güvənmək əvəzinə davranışı təhlil etdiyinə görə, hətta xüsusi zərərli proqram ştammi haqqında əvvəlcədən məlumat olmasa belə, şübhəli fəaliyyətləri müəyyən edə bilər. Bununla belə, dərin öyrənməyə əsaslanan təhlükəsizlik sistemləri problemsiz deyil. Dərin öyrənmə modellərinin öyrədilməsi və tətbiqi əhəmiyyətli hesablama resursları tələb edir ki, bu da onları ənənəvi antivirus proqram təminatı ilə müqayisədə daha tələbkar edir. Bundan əlavə, kibercinayətkarların süni intellekt modellərini aldatmaq üçün giriş məlumatlarını manipulyasiya etdiyi rəqib hücumlar süni intellektə əsaslanan kibertəhlükəsizlik sahəsində artan narahatlıq yaradır.[1]

Ənənəvi Antivirus və Dərin Öyrənmə Təhlükəsizliyi

Ənənəvi antivirus proqram təminatı və dərin öyrənməyə əsaslanan təhlükəsizlik sistemlərinin hər birinin güclü və zəif tərəfləri var. Ənənəvi antivirus həlləri yüngül, etibarlı

və məlum zərərli proqramlara qarşı effektivdir. Bununla belə, onlar tez-tez yeniləmə tələb edir və yeni və mürəkkəb təhlükələrlə mübarizə aparırlar. Digər tərəfdən, dərin öyrənməyə əsaslanan təhlükəsizlik sistemləri sıfır gün təhlükələrinin üstün aşkarlanması, uyğunlaşma və zərərli fəaliyyətlərin müəyyən edilməsində təkmilləşdirilmiş dəqiqlik təklif edir. Bununla belə, onlar effektiv həyata keçirmək üçün daha yüksək hesablama resursları və təcrübə tələb edirlər.

Yaranan Təhdidlər və Hibrid Müdafiə Modellərinin Rolu

Kiber təhdidlər inkişaf etməkdə davam etdikcə, təcavüzkarlar ənənəvi təhlükəsizlik mexanizmlərini yan keçmək üçün maşın öyrənməsi (ML) və süni intellektdən (AI) getdikcə daha çox istifadə edirlər. Məsələn, polimorfik zərərli proqram öz kodunu və görünüşünü dinamik şəkildə dəyişə bilər, bu da imza əsaslı aşkarlama sistemlərinin müəyyən edilməsini çətinləşdirir. Bundan əlavə, süni intellektlə idarə olunan hücumlar insana bənzər davranışı təqlid edə bilər ki, bu da ənənəvi evristik və davranış aşkarlama üsullarından yayına bilər. Bu inkişaf kiber cinayətkarları qabaqlamaq üçün dərin öyrənmə kimi qabaqcıl təhlükəsizlik modellərinin mənimsənilməsinin vacibliyini vurğulayır.[3] AI və ənənəvi antivirus üsullarını birləşdirən hibrid müdafiə modelləri bu kontekstdə daha aktuallaşır. Bu modellər daha möhkəm müdafiə yaratmaq üçün hər iki yanaşmanın güclü tərəflərindən istifadə edir. Süni intellekt zərərli proqram təminatının geniş məlumat dəstlərini təhlil edərək yeni və mürəkkəb hücumları aşkarlaya bilər, ənənəvi üsullar isə məlum təhlükələrə qarşı əsas müdafiəni təmin edir. Bundan əlavə, bu cür sistemlər ümumi aşkarlama dəqiqliyini və cavab sürətini yaxşılaşdırmaq üçün müxtəlif mənbələrdən, məsələn, təhdid kəşfiyyatı xəbərlərinin inteqrasiya oluna biləcəyi birgə kəşfiyyatdan istifadə edə bilər.[1]

Kibertəhlükəsizliyin gələcəyi: Ənənəvi və süni intellektə əsaslanan yanaşmaların inteqrasiyası

Kibertəhlükəsizliyin gələcəyi, çox güman ki, ənənəvi antivirus metodlarını süni intellektlə idarə olunan təhlükənin aşkarlanması ilə birləşdirən hibrid yanaşmanı əhatə edəcək. Bir çox kibertəhlükəsizlik firmaları həm məlum təhdidlər üçün imza əsaslı aşkarlamadan, həm də yaranan təhlükələri müəyyən etmək üçün dərin öyrənmə modellərindən istifadə edən inteqrasiya olunmuş həllər hazırlayır. Bu birləşmə hər bir fərdi yanaşmanın məhdudiyyətlərini minimuma endirməklə yanaşı, hərtərəfli qorunma təmin edir. Kiber təhdidlər inkişaf etməyə davam etdikcə, təşkilatlar və şəxslər çox səviyyəli təhlükəsizlik strategiyaları qəbul etməlidirlər. Ənənəvi antivirus həlləri ilə yanaşı dərin öyrənməni birləşdirməklə kibertəhlükəsizlik müdafiəsi daha möhkəm, adaptiv və kiber risklərin azaldılmasında effektiv ola bilər.[2]

ƏDƏBİYYAT

1. Zhang, Y., Wang, X., & Zhang, Y. (2020). A hybrid deep learning model for malicious behavior detection. Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Computer Engineering (ICAICE). <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9123055>
2. Zhang, L., & Wang, H. (2023). A new hybrid ensemble learning-based malware detection technique. In Advances in Intelligent Systems and Computing, Volume 1310 (215–225). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75957-4_20

3. Patel, S., & Patel, D. (2022). Cybersecurity threats and their mitigation approaches using machine learning. *Journal of Cybersecurity and Privacy*, 2(3), Article 27. MDPI. <https://www.mdpi.com/2624-800X/2/3/27>
4. Anderson, R. (2020). *Security engineering: A guide to building dependable distributed systems* (3rd ed.). Wiley.
5. Bishop, M. (2003). *Computer security: Art and science*. Addison-Wesley.

SUMMARY

Huseyn GASIMOV
Ruqayyakhanim GARIBZADE

DEEP LEARNING AGAINST TRADITIONAL ANTIVIRUS SOFTWARE

Cybersecurity has become increasingly complex, with traditional antivirus software struggling to keep up with modern threats such as zero-day exploits and advanced persistent threats (APTs). While traditional methods, including signature-based detection and heuristic analysis, remain effective against known malware, they fall short in detecting new or sophisticated attacks. On the other hand, deep learning-based security systems leverage artificial intelligence to analyze patterns and behaviors, providing superior detection of previously unseen threats. However, deep learning systems require more computational resources and are vulnerable to adversarial attacks. A hybrid approach that combines traditional antivirus methods with AI-driven solutions offers a promising strategy to enhance cybersecurity defenses, providing comprehensive protection against a wider range of cyber threats.

Keywords: *Cybersecurity, deep learning, antivirus software, machine learning, threat detection*

DERİN ÖĞRENMEDE YENİ YAKLAŞIMLAR

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206559>

Resul KARA

resulkara@duzce.edu.tr

ORCID ID: 0000-0001-8902-6837

Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye

ÖZET

Derin öğrenme (DL), son yıllarda yapay zeka alanında devrim yaratmış olsa da, büyük etiketli veri setlerine bağımlılık, modellerin "kara kutu" doğası, yüksek hesaplama maliyetleri ve belirli veri yapılarını (örn. grafikler) işlemedeki zorluklar gibi önemli kısıtlamalarla karşı karşıyadır. Bu çalışma, bu kısıtlamaları aşmak ve DL'nin sınırlarını genişletmek üzere geliştirilen altı temel yeni yaklaşımı kapsamlı bir şekilde incelemekte ve karşılaştırmalı bir analiz sunmaktadır: Doğal dil işleme ötesinde Transformer mimarileri, Grafik Sinir Ağları (GNNs), Öz-Denetimli Öğrenme (SSL), Federatif Öğrenme (FL), Açıklanabilir Yapay Zeka (XAI) ve Difüzyon Modelleri. Her bir yaklaşım; temel prensipleri, uygulama alanları, getirdiği avantajlar (örneğin, farklı veri türlerini etkin işleme, etiket ihtiyacını azaltma, gizliliği koruma, şeffaflığı artırma, yüksek kaliteli veri üretimi) ve dezavantajları açısından ele alınmaktadır. Yapılan karşılaştırmalı analiz, bu ileri tekniklerin sunduğu önemli faydaların yanı sıra, genellikle yüksek kaynak kullanımı (hesaplama gücü, veri) ve önemli uygulama zorlukları gibi ciddi ödünleşimleri de beraberinde getirdiğini vurgulamaktadır. Dolayısıyla, en uygun yaklaşımın seçimi; spesifik uygulama bağlamına, veri özelliklerine, etik önceliklere ve mevcut kaynaklara sıkı sıkıya bağlıdır. Bu yeni yaklaşımlar yapay zekanın evrimini hızlandırırken, etkili ve sorumlu bir şekilde kullanılmaları için sahip oldukları bu farklılıkların ve zorlukların dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, dinamik alandaki durumu özetleyerek gelecekteki potansiyel araştırma yönelimlerine de ışık tutmaktadır.

***Anahtar Kelimeler:** Derin öğrenme, transformer mimarileri, grafik sinir ağları, üretken yapay zeka, açıklanabilir yapay zeka.*

1.GİRİŞ

Yapay zekanın bir alt dalı olan makine öğrenmesi içinde yer alan derin öğrenme (Deep Learning - DL), çok katmanlı yapay sinir ağları kullanarak veriden karmaşık örüntüleri ve temsilleri öğrenme yeteneği sayesinde son on yılda yapay zeka alanında devrim yaratmıştır [1, 2]. Evrişimli Sinir Ağları (Convolutional Neural Networks - CNNs) görüntü işlemede [3], Tekrarlayan Sinir Ağları (Recurrent Neural Networks - RNNs) ve özellikle Uzun Kısa Süreli Bellek (Long Short-Term Memory - LSTM) ağları ise sıralı verilerin işlenmesinde [4] çığır açan başarılar elde etmiştir.

Ancak bu başarıların arkasında önemli kısıtlamalar yatmaktadır:

Veri Bağımlılığı: Çoğu derin öğrenme modeli, yüksek performans için devasa boyutlarda etiketli veri setlerine ihtiyaç duyar [1, 5]. Etiketli veri toplamak pahalı, zaman alıcı ve bazen imkansızdır.

Yorumlanabilirlik Eksikliği: Derin öğrenme modelleri genellikle "kara kutu" olarak nitelendirilir [6]. Modelin belirli bir kararı neden verdiği anlaşılamadığında, özellikle tıp, finans gibi kritik alanlarda güvenilirlik sorunları ortaya çıkar.

Hesaplama Maliyeti: Büyük modellerin eğitimi ve hatta çıkarımı, önemli miktarda hesaplama kaynağı (GPU, TPU) ve enerji gerektirir [2, 7].

Veri Gizliliği ve Güvenliği: Merkezi bir sunucuda büyük veri setlerinin toplanması, gizlilik endişelerini beraberinde getirir; bu durum, Federatif Öğrenme gibi yaklaşımların geliştirilmesini teşvik etmiştir [8].

Yapısal Veri İşleme Sınırlamaları: Geleneksel CNN ve RNN'ler, ilişkisel veya yapısal verileri (sosyal ağlar, moleküler yapılar vb.) temsil eden grafikler gibi düzensiz veri türlerini doğrudan işlemek için tasarlanmamıştır, bu da Grafik Sinir Ağları gibi özel mimarilere olan ihtiyacı doğurmuştur [9].

Bu kısıtlamalar ve artan uygulama çeşitliliği, derin öğrenme alanında yeni araştırma yönelimlerini tetiklemiştir. Bu çalışmada, bu yeni yaklaşımlardan en önemlileri ele alınmıştır. Transformer mimarilerinin genişleyen etki alanı [10], grafik verileri için GNN'ler [9], veri etiketleme ihtiyacını azaltan SSL [5], gizliliği koruyan FL [8], model şeffaflığını artıran XAI [6] ve üretken modellemede yeni bir çağ açan Difüzyon Modelleri [11].

2.YENİ DERİN ÖĞRENME YAKLAŞIMLARI

2.1.Transformer Mimarileri: Doğal Dil İşlemenin Ötesinde

İlk olarak doğal dil işleme (NLP) görevleri için (örneğin, Google BERT [12], OpenAI GPT serisi [13]) geliştirilen Transformer mimarisi [10], "dikkat mekanizması" sayesinde girdi dizisindeki herhangi iki konum arasındaki bağımlılıkları modelleyebilme yeteneği ile öne çıkmıştır. RNN'lerin sıralı işleme zorunluluğunun aksine, Transformer'lar paralel işlemeye olanak tanır ve uzun menzilli bağımlılıkları daha etkili bir şekilde yakalar.

Temel Prensipten: Self-attention, modelin bir girdinin farklı bölümlerine (örneğin bir cümledeki kelimelere) farklı ağırlıklar atayarak, girdinin hangi bölümlerinin çıktı üretimi için daha önemli olduğunu öğrenmesini sağlar. Çoklu başlık (multi-head) dikkat mekanizması, farklı temsil alt uzaylarında bu ilişkileri paralel olarak öğrenmeye olanak tanır [10].

NLP Ötesi Uygulamalar:

Bilgisayarlı Görü (Computer Vision): Vision Transformer (ViT) gibi modeller [14], görüntüleri yamalara (patches) ayırıp bu yamaları bir dizi olarak işleyerek CNN'lere güçlü bir alternatif sunmuştur. Nesne tespiti, segmentasyon gibi görevlerde başarılı sonuçlar vermektedir.

Zaman Serisi Analizi: Finansal tahmin, hava durumu modelleme gibi alanlarda zaman serilerindeki karmaşık zamansal bağımlılıkları yakalamak için Transformer tabanlı modeller (örneğin, Informer [15]) kullanılmaktadır.

Takviyeli Öğrenme (Reinforcement Learning): Karar verme süreçlerinde durum ve eylem dizilerini modellemek için (örneğin, Decision Transformer [16]) dikkat mekanizmalarından faydalanılmaktadır.

Biyoinformatik: Protein yapı tahmini ve dizilerinin anlaşılması gibi görevlerde Transformer tabanlı dil modelleri (örneğin, ESM [17]) potansiyel göstermektedir.

Avantajları: Uzun menzilli bağımlılıkları yakalama, paralelleştirilebilirlik [10].

Zorlukları: Yüksek hesaplama ve bellek maliyeti (girdi dizisi uzunluğu ile karesel olarak artar), büyük veri setlerine olan ihtiyaç (özellikle sıfırdan eğitildiğinde) [14], CNN'lerin sahip olduğu bazı endüktif yanlılıkların eksikliği ve bu maliyetleri azaltmaya yönelik çalışmalar [18].

2.2.Grafik Sinir Ağları (Graph Neural Networks - GNNs)

Gerçek dünyadaki birçok veri (sosyal ağlar, moleküller, bilgi grafları, ulaşım ağları, beyin bağlantıları) doğal olarak grafik yapısındadır. Dğümler (nodes) ve bu dğümmler arasındaki ilişkileri temsil eden kenarlardan (edges) oluşan bu yapılar, geleneksel derin öğrenme modelleri tarafından doğrudan işlenemez çünkü düzensizdirler ve sabit bir komşuluk yapısına sahip değildirler. Grafik Sinir Ağları (GNNs), bu tür veriler üzerinde öğrenme yapmak için özel olarak tasarlanmıştır [9, 19].

Temel Prensi: GNN'lerin temel fikri, her dğümmlün temsilini (embedding), komşu dğümmlerin ve kenarların bilgilerini toplayarak (aggregation) ve güncelleyerek (update) öğrenmektir. Bu işlem, mesajlaşma (message passing) olarak da adlandırılır [23] ve genellikle birkaç katman boyunca tekrarlanır, böylece dğümmler daha uzak komşularından da bilgi alabilirler. Graph Convolutional Networks (GCN) [9], Graph Attention Networks (GAT) [20], GraphSAGE [21] gibi birçok farklı GNN varyantı bulunmaktadır.

Uygulama Alanları:

Sosyal Ağ Analizi: Topluluk tespiti, bağlantı tahmini, etki analizi [19].

Biyokimya ve İlaç Keşfi: Moleküler özellik tahmini, ilaç-hedef etkileşimi tahmini [23].

Öneri Sistemleri: Kullanıcı-ürün etkileşimlerini modelleyerek kişiselleştirilmiş öneriler sunma (örneğin, PinSage [22]).

Bilgi Grafları (Knowledge Graphs): İlişkisel çıkarım yapma, varlık tamamlama.

Trafik Tahmini: Yol ağlarındaki trafik akışını modelleme.

Avantajları: İlişkisel ve yapısal verileri doğal olarak modelleyebilme [19].

Zorlukları: Büyük grafiklerde ölçeklenebilirlik sorunları (scalability) [21], dinamik (zamanla değişen) grafiklerle başa çıkma, aşırı düzgünleştirme (over-smoothing) problemi (çok fazla katmanla dğümml temsillerinin birbirine benzemesi) [24], heterojen grafiklerle (farklı türde dğümml ve kenarlar) çalışma [19].

2.3.Öz-Denetimli Öğrenme (Self-Supervised Learning - SSL)

Öz-denetimli öğrenme, etiketli veri ihtiyacını azaltmak için geliştirilen umut verici bir yaklaşımdır [25]. Temel fikir, verinin kendisinden denetleyici sinyaller (yani "sahte" etiketler) üreterek modeli eğitmektir. Model, bu "ön görevleri" (pretext tasks) çözerek veri hakkında yararlı temsiller öğrenir ve bu temsiller daha sonra az miktarda etiketli veri ile asıl göreve (downstream task) ince ayar (fine-tuning) yapmak için kullanılır [5].

Temel Prensip: Ön görevler, verinin bir kısmını (örneğin bir görüntünün bir parçasını veya bir cümledeki bazı kelimelerini) gizleyip modelin bu eksik kısmı tahmin etmesini istemek (örneğin, Masked Autoencoders - MAE [26], BERT [12]), veya verinin farklı artırılmış (augmented) görünümünün birbirine benzer veya farklı olduğunu öğrenmesini sağlamak (kontrastif öğrenme, örn. SimCLR [5], MoCo [27], DINO [28]) gibi çeşitli şekillerde tasarlanabilir [25].

Uygulama Alanları: SSL, özellikle etiketli verinin kısıtlı olduğu alanlarda (tıp görüntülemesi [29], konuşma tanıma, robotik) ve çok büyük etiketlenmemiş veri kümelerinin mevcut olduğu durumlarda (internet üzerindeki metinler ve görseller) büyük potansiyele sahiptir. NLP'de (BERT [12], GPT [13] ön eğitimleri) ve bilgisayarlı görüde (SimCLR [5], MoCo [27], DINO [28]) devrim yaratmıştır.

Avantajları: Etiketli veri ihtiyacını önemli ölçüde azaltır [5], büyük miktarda etiketlenmemiş veriden faydalanmayı sağlar, daha genelleştirilebilir temsiller öğrenmeye yardımcı olabilir [25].

Zorlukları: Etkili ön görevler tasarlamak zor olabilir [25], öğrenilen temsillerin kalitesi ön görevin kalitesine bağlıdır, kontrastif yöntemler genellikle büyük batch boyutları veya bellek bankaları gerektirebilir (MoCo [27] gibi yöntemler bu zorlukları hafifletmeye çalışır).

2.4.Federatif Öğrenme (Federated Learning - FL)

Federatif öğrenme, verinin merkezi bir sunucuda toplanmasına gerek kalmadan, dağıtık cihazlar (örneğin cep telefonları, hastaneler) üzerinde makine öğrenmesi modelleri eğitmeyi sağlayan bir tekniktir [8, 30]. Veri gizliliği ve güvenliği endişelerini gidermeyi hedefler.

Temel Prensip:

Merkezi bir sunucu genel bir model başlatır ve bunu katılımcı cihazlara gönderir.

Her cihaz, kendi yerel verisini kullanarak modeli yerel olarak eğitir (veriler cihazdan ayrılmaz).

Cihazlar, model güncellemelerini (örneğin gradyanları veya model ağırlıklarını) merkezi sunucuya gönderir.

Sunucu, bu güncellemeleri birleştirerek (örneğin ortalamasını alarak - FedAvg [8]) genel modeli günceller.

Bu süreç, model yeterince iyi performans gösterene kadar tekrarlanır [30].

Uygulama Alanları:

Mobil Cihazlar: Akıllı telefon klavyelerinde sonraki kelime tahmini [8], kişiselleştirilmiş öneriler.

Sağlık: Farklı hastanelerdeki hasta verilerini paylaşmadan ortak bir teşhis modeli eğitme.

Finans: Farklı bankalardaki işlem verilerini birleştirmeden dolandırıcılık tespiti modeli geliştirme.

Nesnelerin İnterneti (IoT): Dağıtık sensörlerden gelen verilerle anormali tespiti [30].

Avantajları: Veri gizliliğini korur (ham veri paylaşılmaz) [8], iletişim maliyetini azaltabilir (sadece model güncellemeleri gönderilir) [8, 32], yerel verilere adaptasyonu sağlar.

Zorlukları: İstatistiksel heterojenlik (cihazlardaki verilerin dağılımının farklı olması - Non-IID data) [31], iletişim darboğazları (özellikle çok sayıda cihaz varsa) [32], sistem heterojenliği (cihazların farklı donanım ve ağ kapasitelerine sahip olması), güvenlik riskleri (kötü niyetli cihazların güncellemeleri zehirlmesi veya gizlilik sızıntıları) [30, 33].

2.5.Açıklanabilir Yapay Zeka (Explainable AI - XAI)

Derin öğrenme modellerinin karmaşıklığı arttıkça, kararlarını nasıl verdiklerini anlamak zorlaşır. Açıklanabilirlik (veya yorumlanabilirlik), modelin davranışını insan anlayışına uygun terimlerle ifade etme yeteneğidir [34]. XAI, derin öğrenme modellerinin "kara kutu" doğasını açığa çıkarmayı amaçlayan teknikler ve yöntemler bütünüdür.

Açıklanabilir yapay zekanın bazı özellikleri şöyle sıralanabilir:

Güven: Kullanıcıların ve paydaşların modele güven duyması için.

Hata Ayıklama: Modelin neden başarısız olduğunu anlamak ve düzeltmek için.

Tarafsızlık (Fairness): Modelin istenmeyen önyargılar içerip içermediğini tespit etmek için.

Yasal Uyumluluk: Özellikle GDPR gibi düzenlemeler, algoritmik kararlar için açıklama hakkı talep edebilir [34].

Bilimsel Keşif: Modelin veride bulduğu örüntüleri anlayarak yeni bilgiler edinmek için.

Yaklaşımlar:

Model-Agnostik Yöntemler: Herhangi bir model türüne uygulanabilir (örn., LIME [6], SHAP [35]). Genellikle girdinin küçük pertürbasyonlarına modelin çıktısının nasıl değiştiğini analiz ederler.

Modele Özgü Yöntemler: Belirli model mimarilerine (örn., CNN'ler, Transformer'lar) özgüdürler. Örnekler arasında gradyan tabanlı yöntemler (Saliency Maps, Grad-CAM [36]), dikkat haritaları (Attention Maps - ancak dikkat mekanizmalarının doğrudan açıklama olup olmadığı tartışmalıdır [37]) ve konsept tabanlı açıklamalar (Concept Activation Vectors - CAV [38]) bulunur.

Doğası Gereği Yorumlanabilir Modeller (Intrinsically Interpretable Models): Karar ağaçları, doğrusal modeller veya dikkat mekanizmaları gibi daha şeffaf yapılar kullanan modeller tasarlamak [34].

Zorlukları: Açıklama doğruluğu (explanation fidelity) ile anlaşılabilirlik (interpretability) arasında bir denge kurma zorunluluğu, açıklamaların ne kadar güvenilir olduğunun değerlendirilmesi [39], farklı açıklama yöntemlerinin farklı sonuçlar verebilmesi [34].

2.6.Difüzyon Modelleri (Diffusion Models)

Üretken modeller (Generative Models), mevcut verilere benzer yeni veri örnekleri (görüntüler, metinler, sesler vb.) oluşturmayı amaçlar. Generative Adversarial

Networks (GANs) uzun süre bu alanda en popüler yaklaşım olmuştur. Ancak son yıllarda, özellikle yüksek kaliteli ve çeşitli görüntü sentezlemede Difüzyon Modelleri büyük bir atılım yapmıştır [11, 40].

Temel Prensi: Difüzyon modelleri (veya yakın ilişkili skor-tabanlı modeller [41]) iki süreçten oluşur:

İleri Süreç (Forward Process): Gerçek bir veri örneği (örneğin bir görüntü) alınır ve adım adım rastgele gürültü (noise) eklenerek tamamen gürültüye dönüştürülür. Bu süreç matematiksel olarak tanımlıdır ve kontrol edilebilir.

Geri Süreç (Reverse Process): Bir sinir ağı (genellikle U-Net benzeri bir mimari), tamamen gürültüden başlayarak, ileri sürecin tersini öğrenir. Yani, her adımda gürültüyü nasıl azaltacağını öğrenerek orijinal veri dağılımından bir örnek oluşturur [11]. Bu süreç genellikle bir koşullandırma bilgisi (örneğin bir metin açıklaması) ile yönlendirilebilir (örneğin, DALL-E 2 [42], Imagen [43], Stable Diffusion'ın temel aldığı Latent Diffusion [44] gibi modellerde).

Uygulama Alanları: Yüksek çözünürlüklü görüntü sentezi, metinden görüntü oluşturma [42, 43, 44], görüntü düzenleme (inpainting, super-resolution), ses sentezi, moleküler yapı tasarımı, zaman serisi modelleme [40].

Avantajları: GAN'lara kıyasla daha stabil eğitim süreci, genellikle daha yüksek kaliteli ve çeşitli örnekler üretme yeteneği [11, 40].

Zorlukları: Çıkarım süreci (yeni örnek üretme) genellikle yavaştır çünkü birçok adımda gürültü azaltma işlemi gerektirir, ancak bu süreci hızlandırmak için yöntemler (örneğin DDIM [45]) geliştirilmektedir. Matematiksel formülasyonu GAN'lara göre daha karmaşık olabilir.

3.YAKLAŞIMLARIN KARŞILAŞTIRMASI VE GELECEK YÖNELİMLERİ

Çalışmada ele alınan yaklaşımların çeşitli açılardan karşılaştırmaları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Yeni yaklaşımlar karşılaştırma tablosu

Yaklaşım	Avantajları	Dezavantajları	Kaynak Kullanımları (Hesaplama ve Veri)	Uygulama Kolaylığı
Transformer Mimarileri	- Uzun menzilli bağımlılıkları yakalama -Yüksek paralelleştirilebilirlik -Farklı veri türlerine uyum	- Yüksek hesaplama maliyeti ($O(n^2)$) -Büyük veri ihtiyacı (özellikle sıfırdan eğitimde) -Az yerleşik endüktif yanlılık	- Hesaplama: Yüksek (GPU/TPU) -Veri: Çok Büyük (Ön eğitim için devasa, ince	Orta-Zor: Hazır kütüphaneler var (örn. Hugging Face). Ancak model büyüklüğü, veri ihtiyacı ve ince

			ayar için daha az)	ayar uzmanlık gerektirebilir.
Grafik Sinir Ağları (GNNs)	- İlişkisel/yapısal veriyi doğal modelleme - Düğüm/kenar/grafik düzeyinde tahmin	- Büyük grafiklerde ölçeklenebilirlik sorunu - Dinamik/heterojen grafik zorluğu - Aşırı düzgünleştirme (Over-smoothing)	- Hesaplama: Orta-Yüksek (Grafik boyutuna bağlı) - Veri: Yapısal (Grafik formatında), Boyut değişkendir.	Orta: Özel kütüphaneler (örn. PyG, DGL) gerekli. Grafik veri hazırlama ve model seçimi/ayarı deneyim ister.
Öz-Denetimli Öğrenme (SSL)	- Etiketli veri ihtiyacını azaltma - Büyük etiketsiz veriden yararlanma - Genelleştirilebilir temsiller	- Etkili ön görev tasarımı zorluğu - Yüksek hesaplama (bazı yöntemlerde) - Temsil kalitesi göreve bağlı olabilir	- Hesaplama: Ön eğitim: Çok Yüksek. İnce Ayar: Düşük-Orta. - Veri: Ön eğitim: Çok Büyük (Etiketsiz). İnce Ayar: Az (Etiketli).	Orta-Zor: Hazır ön eğitilmiş modeller kullanımı kolaylaştırır. Sıfırdan SSL ön eğitimi uygulamak karmaşık ve kaynak yoğundur.
Federatif Öğrenme (FL)	- Veri gizliliğini koruma - Dağıtık veriden yararlanma - İletişim maliyetini potansiyel azaltma	- Non-IID veri zorluğu - Sistem/İletişim heterojenliği - Güvenlik riskleri - Karmaşık sistem orkestrasyonu	- Hesaplama: Dağıtık (Sunucu + Katılımcılar) . Toplamda önemli. - Veri: Dağıtık kalır. Gizlilik korunur.	Zor: Dağıtık sistem yönetimi, güvenlik, heterojenlik yönetimi gerektirir. Özel framework'ler (örn. Flower, TFF) var ama kurulum/yönetim zordur.
Açıklanabilir Yapay Zeka (XAI)	- Model şeffaflığı ve güven - Hata ayıklama	- Açıklama doğruluğu/tutarlılığı sorunları	- Hesaplama: Düşük-Orta (Mevcut	Orta: Hazır kütüphaneler (LIME, SHAP) kolaylık sağlar.

	-Taraflsızlık denetimi -Yasal uyumluluk	-Ek hesaplama maliyeti (bazı yöntemlerde) -Yorumlama uzmanlık gerektirebilir	model üzerine ek analiz yükü). -Veri: Genellikle ana modellerle aynı.	Sonuçları doğru yorumlamak ve modele özgü yöntemler uzmanlık gerektirir.
Difüzyon Modelleri	- Çok yüksek kaliteli ve çeşitli üretim -Daha stabil eğitim (GAN'lara göre)	- Yavaş örnekleme/çıkartım süreci -Matematiksel karmaşıklık -Yüksek eğitim kaynağı ihtiyacı	- Hesaplama: Eğitim: Çok Yüksek. Çıkartım: Orta-Yüksek (Yavaş). -Veri: Büyük (Eğitim için).	Orta-Zor: Hazır modeller ve kütüphaneler (örn. diffusers) kullanımı kolaylaştırır. Sıfırdan eğitim veya derinlemesine anlama zordur.

İncelenen yeni yaklaşımlar önemli ilerlemeler sağlasa da, derin öğrenme alanında hala çözülmesi gereken ortak zorluklar ve heyecan verici gelecek yönelimleri bulunmaktadır:

Derin öğrenmede gündemde olan yeni yaklaşımların uygulanmasında karşılaşılan genel zorluklar aşağıda ele alınmıştır.

Veri Verimliliği: Hala birçok model büyük veri setlerine ihtiyaç duymaktadır. Az-örnekle öğrenme (few-shot learning) ve sıfır-örnekle öğrenme (zero-shot learning) gibi alanlarda daha fazla gelişme gereklidir.

Sağlamlık (Robustness): Modellerin dağılım dışı (out-of-distribution) verilere ve kötü niyetli saldırılara (adversarial attacks) karşı daha dayanıklı hale getirilmesi kritiktir.

Nedensellik (Causality): Mevcut modeller genellikle korelasyonları öğrenir, ancak neden-sonuç ilişkilerini anlamakta zorlanırlar. Nedensel çıkarımı derin öğrenme ile birleştirmek önemli bir araştırma alanıdır.

Enerji Verimliliği: Büyük modellerin çevresel etkisini azaltmak için daha verimli mimariler, model sıkıştırma (pruning, quantization) ve donanım hızlandırma (neuromorphic computing) önemlidir.

Etik ve Toplumsal Etki: Önyargı, adalet, şeffaflık ve hesap verebilirlik gibi konuların daha derinlemesine ele alınması gerekmektedir.

Yeni yaklaşımlar, kendilerinden sonra yeni yöntemlerin doğmasına da yol açmaktadır. Yakın gelecekte karşılaşılabilecek yöntemler şöyle sıralanabilir:

Hibrit Modeller: Derin öğrenmenin sembolik yapay zeka (Neuro-Symbolic AI) veya fizik tabanlı modellerle birleştirilmesi.

Sürekli Öğrenme (Continual/Lifelong Learning): Modellerin yeni bilgileri öğrenirken eski bilgileri unutmadan (catastrophic forgetting) sürekli olarak adapte olabilmesi.

Temel Modeller (Foundation Models): Çok büyük veri setleri üzerinde önceden eğitilmiş, birçok farklı göreve adapte edilebilen devasa modellerin (GPT-4, PaLM gibi) geliştirilmesi ve etkilerinin anlaşılması.

Donanım-Yazılım Ortak Tasarımı: Algoritmaların verimli çalışması için özel donanımların (GPU'lar, TPU'lar ötesinde) tasarlanması.

Multimodal Öğrenme: Farklı veri türlerini (metin, görüntü, ses, video) birlikte işleyebilen ve aralarındaki ilişkileri öğrenebilen modeller.

SONUÇ

Derin öğrenme, sürekli evrilen ve yapay zeka yeteneklerinin sınırlarını zorlayan dinamik bir alandır. Bu çalışmada incelenen Transformer mimarilerinin NLP ötesi uygulamaları, Grafik Sinir Ağları (GNNs), Öz-Denetimli Öğrenme (SSL), Federatif Öğrenme (FL), Açıklanabilir Yapay Zeka (XAI) ve Difüzyon Modelleri gibi yeni yaklaşımlar, bu dinamizmin en belirgin göstergeleridir. Bu yöntemler, geleneksel derin öğrenme modellerinin karşılaştığı veri bağımlılığı, yorumlanabilirlik eksikliği, yapısal veri işleme zorlukları ve veri gizliliği gibi önemli kısıtlamalara yenilikçi çözümler sunmaktadır.

Karşılaştırma tablosunda da vurgulandığı gibi, her bir yaklaşım kendi güçlü yönlerini ve uygulama alanlarını beraberinde getirirken, aynı zamanda önemli ödünleşimleri (trade-offs) de içermektedir. Transformer'ların uzun menzilli bağımlılıkları yakalama gücü yüksek hesaplama maliyetiyle, GNN'lerin yapısal veri modelleme yeteneği ölçeklenebilirlik ve aşırı düzgünleştirme sorunlarıyla, SSL'nin etiketli veri ihtiyacını azaltması etkili ön görev tasarımı zorluğuyla, FL'nin sağladığı gizlilik koruması sistemsel karmaşıklık ve heterojenlik yönetimiyle, XAI'nin getirdiği şeffaflık potansiyeli açıklama güvenilirliği ve tutarlılığı sorunlarıyla, Difüzyon Modelleri'nin ürettiği yüksek kaliteli sonuçlar ise yavaş çıkarım süreçleri ve yüksek kaynak gereksinimleriyle dengelenmektedir.

Bu durum, "her derde deva" tek bir yaklaşımın olmadığını, en uygun yöntemin seçilmesinin; ele alınan problemin doğasına, mevcut verinin türüne ve miktarına, gizlilik ve yorumlanabilirlik gibi önceliklere ve en önemlisi kaynak kullanımı (hesaplama gücü, veri) ile uygulama kolaylığı/zorluğu gibi pratik kısıtlara bağlı olduğunu göstermektedir. Örneğin, gizliliğin kritik olduğu dağıtık senaryolarda FL öne çıkarken, ilişkisel verilerle çalışırken GNN'ler, etiketli verinin çok kısıtlı olduğu durumlarda SSL, model kararlarının anlaşılmasının zorunlu olduğu alanlarda XAI, yüksek kaliteli sentetik veri üretimi gerektiğinde ise Difüzyon Modelleri veya Transformer tabanlı üretken modeller daha uygun olabilir.

Sonuç olarak, bu yeni yaklaşımlar derin öğrenmenin etki alanını ve yeteneklerini tartışmasız bir şekilde genişletmektedir. Gelecekteki ilerlemelerin, bu yöntemlerin daha da geliştirilmesi, birbirleriyle hibrit şekilde kullanılması (örneğin, açıklanabilir GNN'ler, federatif öz-denetimli öğrenme), kaynak verimliliklerinin artırılması ve uygulama süreçlerinin basitleştirilmesi yönünde olacağı öngörülebilir. Derin öğrenmenin baş döndürücü evrimi devam ederken, bu güçlü araçları geliştirirken ve uygularken beraberinde getirdikleri etik sorumlulukları ve toplumsal etkileri de göz önünde bulundurmak kritik önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
- [2] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- [3] Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 1097-1105).
- [4] Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural computation*, 9(8), 1735-1780.
- [5] Chen, T., Kornblith, S., Norouzi, M., & Hinton, G. (2020). A simple framework for contrastive learning of visual representations. In *International conference on machine learning* (pp. 1597-1607). PMLR.
- [6] Ribeiro, M. T., Singh, S., & Guestrin, C. (2016). "Why should I trust you?": Explaining the predictions of any classifier. In *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining* (pp. 1135-1144).
- [7] Schwartz, R., Dodge, J., Smith, N. A., & Etzioni, O. (2020). Green AI. *Communications of the ACM*, 63(12), 54-63.
- [8] McMahan, B., Moore, E., Ramage, D., Hampson, S., & y Arcas, B. A. (2017, April). Communication-efficient learning of deep networks from decentralized data. In *Artificial intelligence and statistics* (pp. 1273-1282). PMLR.
- [9] Kipf, T. N., & Welling, M. (2016). Semi-supervised classification with graph convolutional networks. *arXiv preprint arXiv:1609.02907*.
- [10] Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., ... & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 5998-6008).
- [11] Ho, J., Jain, A., & Abbeel, P. (2020). Denoising diffusion probabilistic models. In *Advances in Neural Information Processing Systems* (Vol. 33, pp. 6840-6851).
- [12] Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2018). Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *arXiv preprint arXiv:1810.04805*.
- [13] Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., ... & Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. *arXiv preprint arXiv:2005.14165*.
- [14] Dosovitskiy, A., Beyer, L., Kolesnikov, A., Weissenborn, D., Zhai, X., Unterthiner, T., & Houlsby, N. (2020). An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition at scale. *arXiv preprint arXiv:2010.11929*.
- [15] Zhou, H., Zhang, S., Peng, J., Zhang, S., Li, J., Xiong, H., & Zhang, W. (2021). Informer: Beyond efficient transformer for long sequence time-series forecasting. In *Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence* (Vol. 35, No. 12, pp. 11106-11115).

- [16] Chen, L., Lu, K., Rajeswaran, A., Lee, K., Grover, A., Laskin, M., ... & Mordatch, I. (2021). Decision transformer: Reinforcement learning via sequence modeling. *Advances in neural information processing systems*, 34, 15084-15097.
- [17] Rives, A., Meier, J., Sercu, T., Goyal, S., Lin, Z., Liu, J., ... & Fergus, R. (2021). Biological structure and function emerge from scaling unsupervised learning to 250 million protein sequences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(15), e2016239118.
- [18] Tay, Y., Dehghani, M., Bahri, D., & Metzler, D. (2022). Efficient transformers: A survey. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 55(6), 1-28.
- [19] Zhou, J., Cui, G., Hu, S., Zhang, Z., Yang, C., Liu, Z., ... & Sun, M. (2020). Graph neural networks: A review of methods and applications. *AI Open*, 1, 57-81.
- [20] Veličković, P., Cucurull, G., Casanova, A., Romero, A., Lio, P., & Bengio, Y. (2018). Graph attention networks. In *International Conference on Learning Representations (ICLR)*.
- [21] Hamilton, W. L., Ying, R., & Leskovec, J. (2017). Inductive representation learning on large graphs. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 1024-1034).
- [22] Ying, R., He, R., Chen, K., Eksombatchai, P., Hamilton, W. L., & Leskovec, J. (2018). Graph convolutional neural networks for web-scale recommender systems. In *Proceedings of the 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining* (pp. 974-983).
- [23] Gilmer, J., Schoenholz, S. S., Riley, P. F., Vinyals, O., & Dahl, G. E. (2017). Neural message passing for quantum chemistry. In *International conference on machine learning* (pp. 1263-1272). PMLR.
- [24] Li, Q., Han, Z., & Wu, X. M. (2018). Deeper insights into graph convolutional networks for semi-supervised learning. In *Proceedings of the Thirty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence*.
- [25] Liu, X., Zhang, F., Hou, Z., Wang, Z., Mian, L., Yang, J., ... & Tang, J. (2023). Self-supervised learning: Generative or contrastive. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 35(1), 857-876.
- [26] He, K., Chen, X., Xie, S., Li, Y., Dollár, P., & Girshick, R. (2022). Masked autoencoders are scalable vision learners. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (pp.16000-16009).
- [27] He, K., Fan, H., Wu, Y., Xie, S., & Girshick, R. (2020). Momentum contrast for unsupervised visual representation learning. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition (CVPR)* (pp. 9729-9738).
- [28] Caron, M., Touvron, H., Misra, I., Jégou, H., Mairal, J., Bojanowski, P., & Joulin, A. (2021). Emerging properties in self-supervised vision transformers. In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)* (pp. 9650-9660).
- [29] Azizi, S., Mustafa, B., Ryan, F., Beaver, Z., Freyberg, J., Deaton, J., ... & Stumpe, M. C. (2021). Big self-supervised models advance medical image classification. In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)* (pp. 3478-3488).

- [30] Kairouz, P., McMahan, H. B., Avent, B., Bellet, A., Bennis, M., Bhagoji, A. N., ... & Zhao, S. (2021). Advances and open problems in federated learning. *Foundations and Trends® in Machine Learning*, 14(1–2), 1-210.
- [31] Li, T., Sahu, A. K., Talwalkar, A., & Smith, V. (2020). Federated optimization in heterogeneous networks. In *Proceedings of Machine Learning and Systems 2 (MLSys)*.
- [32] Konečný, J., McMahan, H. B., Yu, F. X., Richtárik, P., Suresh, A. T., & Bacon, D. (2016). Federated optimization: Distributed machine learning for on-device intelligence. *arXiv preprint arXiv:1610.02527*.
- [33] Bonawitz, K., Ivanov, V., Kreuter, B., Marcedone, A., McMahan, H. B., Patel, S., ... & Seth, K. (2017). Practical secure aggregation for privacy-preserving machine learning. In *Proceedings of the 2017 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security (CCS)* (pp. 1175-1191).
- [34] Guidotti, R., Monreale, A., Ruggieri, S., Turini, F., Giannotti, F., & Pedreschi, D. (2018). A survey of methods for explaining black box models. *ACM computing surveys (CSUR)*, 51(5), 1-42.
- [35] Lundberg, S. M., & Lee, S. I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 4765-4774).
- [36] Selvaraju, R. R., Cogswell, M., Das, A., Vedantam, R., Parikh, D., & Batra, D. (2017). Grad-cam: Visual explanations from deep networks via gradient-based localization. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision (ICCV)* (pp. 618-626).
- [37] Jain, S., & Wallace, B. C. (2019). Attention is not explanation. In *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies (NAACL-HLT)* (Vol. 1, pp. 3543-3556).
- [38] Kim, B., Wattenberg, M., Gilmer, J., Cai, C., Wexler, J., Viegas, F., & Sayres, R. (2018). Interpretability beyond feature attribution: Quantitative testing with concept activation vectors (TCAV). In *International conference on machine learning (ICML)* (pp. 2668-2677). PMLR.
- [39] Doshi-Velez, F., & Kim, B. (2017). Towards a rigorous science of interpretable machine learning. *arXiv preprint arXiv:1702.08608*.

ABSTRACT

Rasul Kara

NEW APPROACHES IN DEEP LEARNING

Although Deep Learning (DL) has revolutionized the field of artificial intelligence in recent years, it faces significant limitations such as dependency on large labeled datasets, the "black-box" nature of models, high computational costs, and difficulties in processing specific data structures (e.g., graphs). This article comprehensively reviews and provides a comparative analysis of six fundamental new approaches developed to overcome these limitations and expand the boundaries of DL: Transformer architectures beyond natural language processing, Graph Neural Networks (GNNs), Self-Supervised Learning (SSL), Federated Learning (FL), Explainable Artificial Intelligence (XAI), and Diffusion Models. Each approach is examined in terms of its fundamental principles, application areas, advantages (e.g., effectively processing different data types, reducing the need for labels, preserving privacy, increasing transparency,

generating high-quality data), and disadvantages. The comparative analysis undertaken highlights that alongside the significant benefits offered by these advanced techniques, they often involve serious trade-offs, typically including high resource usage (computational power, data) and significant implementation challenges. Consequently, the selection of the most suitable approach is highly dependent on the specific application context, data characteristics, ethical priorities, and available resources. While these new approaches accelerate the evolution of artificial intelligence, their effective and responsible use requires careful consideration of their inherent differences and challenges. The article summarizes the current state of this dynamic field and sheds light on potential future research directions.

Keywords: *Deep learning, transformer architectures, graph neural networks, generative artificial intelligence, explainable artificial intelligence.*

MAŞIN ÖYRƏNMƏDƏN DƏRİN ÖYRƏNMƏYƏ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206619>

Səadət ZEYNALOVA

seadetzeynalova@ndu.edu.az

ORCID ID: 0009-0003-4680-5787

Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

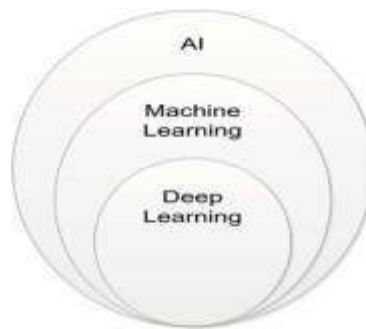
XÜLASƏ

Bu məqalədə süni intellektin bir alt sahəsi olan dərin öyrənmə anlayışı izah olunur. Maşın öyrənməsinin bir hissəsi kimi, dərin öyrənmə sistemlərin verilənlərdən avtomatik olaraq nümunələri öyrənməsinə və nəticələr yaratmasına imkan verir. Maşın öyrənməsində müxtəlif statistik və məntiqi üsullardan istifadə olunduğu halda, dərin öyrənmə əsasən neyron şəbəkələrə əsaslanır. Bu şəbəkələr insan beyninin fəaliyyətini təqlid edən təbəqələr şəklində qurulur və verilənləri bu təbəqələr vasitəsilə emal edir.

Məqalədə dərin öyrənmənin əsas komponentləri — təbəqələr, çəkilər, itki funksiyası və geri yayılma mexanizmi təsvir edilir. Şəbəkə başlanğıcda təsadüfi çəkilərlə başlayır və nümunə verilənləri üzərində təlim aparmaqla bu çəkiləri tədricən optimallaşdırır. Bu prosesin məqsədi şəbəkənin proqnozlarının dəqiqliyini artırmaqdır. Dərin öyrənmə iki əsas mərhələdən ibarətdir: təlim və çıxarış (proqnozlaşdırma). Təlim zamanı şəbəkə verilənlərdən öyrənir, çıxarış zamanı isə yeni verilənlər əsasında proqnoz verir. Nəticə etibarilə, dərin öyrənmə mürəkkəb verilənlərin təhlili və emalı üçün güclü və səmərəli yanaşma kimi təqdim olunur.

Açar sözlər: Dərin öyrənmə, Maşın öyrənməsi, Süni intellekt, Neyron şəbəkələr, Geri yayılma

Dərin öyrənmə süni intellektin (Artificial Intelligence) bir hissəsidir və daha dəqiq desək, aşağıdakı şəkil 1-də görüldüyü kimi maşın öyrənməsinin bir hissəsidir.



Şəkil 1: Süni intellekt, maşın öyrənməsi, dərin öyrənmə

Daha əvvəl qeyd edildiyi kimi, dərin öyrənmə maşın öyrənməsi sahəsidir. Alqoritmlər bu halların hər ikisində böyük (və bəzi hallarda kiçik) məlumat dəstlərindən öyrənirlər. Nəticənin bəzi aspektlərini başa düşmək üçün maşın öyrənməsi ilə dərin öyrənmə arasındakı bəzi fərqlər aşağıda verilmişdir:

Maşın öyrənməsi kompüterə verilənlərdən öyrənməyə və sonra öyrəndiklərindən proqnozlar şəklində cavab vermək üçün istifadə etməyə qadir olan müxtəlif texnikalar toplusu kimi də müəyyən edilə bilər. Bu üsullardan bəziləri statistik analiz, verilənlərdə korrelyasiya axtarmaq, məntiqdən istifadə

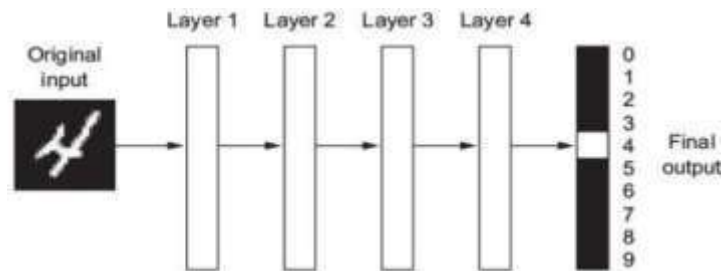
etmək və başqalarıdır. Çox sayda texnikadan istifadə edən maşın öyrənməsindən fərqli olaraq, dərin öyrənmə yalnız bir texnikadan istifadə edir. Bu xüsusi texnika insan beyninin işini təqlid edir. Məlumatların emalı üçün neyronlar adlanan hesablama vahidləri istifadə olunur və onlar təbəqələr adlanan sıralı bölmələrə yerləşdirilir. Bu texnika neyron şəbəkəsidir [1].

Maşın öyrənmə həlləri hiperparametrlər adlanan alqoritmləri optimallaşdırmaq üçün müxtəlif düzəlişlər (düymələr) təklif edir. Müvafiq olaraq, hiperparametrlər dərin öyrənmədə istifadə olunur, lakin eyni zamanda istifadəçi konfigurasiyasının çox səviyyəli olma ehtimalı var (istifadəçi sayı və növü müəyyən edir). Yaranan neyron şəbəkədən asılı olaraq, təbəqələrin sayı çox böyük ola bilər və bu yolla ixtisaslaşmış öyrənmə qabiliyyətinə malik fərdi neyron şəbəkələri yarana bilər: bəziləri şəkilləri tanımağı, digərləri isə səs əmrlərini aşkar edib təhlil etməyi öyrənə bilər.

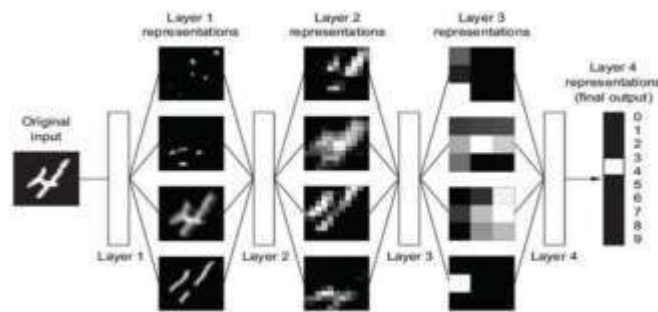
Maşın öyrənmə həlləri arzu olunan nəticələri əldə etmək üçün insan müdaxiləsini tələb edir. Digər tərəfdən, dərin öyrənmə insan müdaxiləsini o qədər də tələb etmir [2].

Dərin öyrənmə məlumatlardan öyrənməyə yeni yanaşmadır. Bu, bir-birinə bağlı sadə funksiyaların ardıcılığı müəyyən bir model ailəsindən istifadə edir. Bu funksiya zəncirləri neyron şəbəkələri təşkil edir. Bu funksiyalar ardıcılığı mürəkkəb ideyanı daha sadə olanlar iyerarxiyasına parçalaya bilər. Hər bir təbəqə əvvəlki təbəqəni daha təkmil və mücərrəd anlayışlar şəklində təşkil edir.

Aşağıdakı şəkil 2 və şəkil 3 çoxqatlı şəbəkənin rəqəmin nə olduğunu müəyyən etmək üçün onun şəklini necə çevirdiyini göstərir.



Şəkil 2: Rəqəmlərin təsnifatı üçün dərin neyron şəbəkəsi

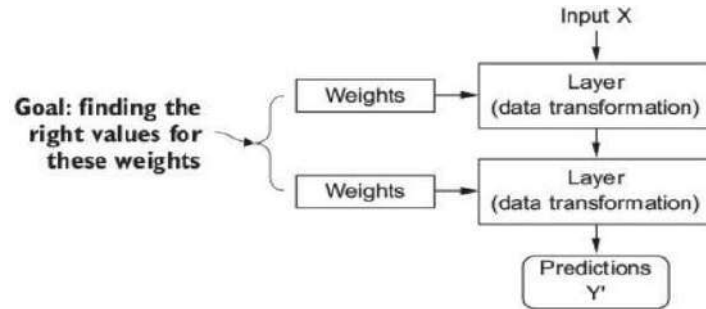


Şəkil 3: Rəqəmlərin təsnifatı üçün dərin öyrənmə modelinin təsvir təbəqələri

Dərin neyron şəbəkələri sadə məlumat çevrilmələrinin (qatlarının) dərin ardıcılığı vasitəsilə giriş-çıxış (hədəf) xəritələşdirilməsini həyata keçirir və bu məlumat çevrilmələri nümunələrə məruz qalaraq öyrənilir [3].

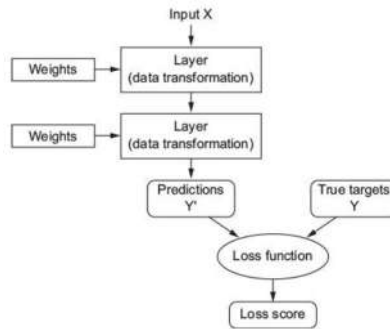
Daha dəqiq desək, bir təbəqənin daxil olan məlumatlara nə etdiyinə spesifikasiyası rəqəmlər dəstəsi olan çəkilərdə (qat çəkilərində) saxlanılır. Texniki olaraq, təbəqənin tətbiq etdiyi transformasiya onun çəkiləri ilə parametrləşdirilir. Öyrənmə şəbəkədəki bütün təbəqələrin çəkilərinin dəyərlərini tapmaq

deməkdir ki, o, girişləri çıxışlara - məqsədlərə düzgün uyğunlaşdırır. Bu, xüsusilə çətin bir işdir, çünki bir parametrenin dəyərinin dəyişdirilməsi digərlərinin davranışına təsir (Şəkil 4) göstərir [4].



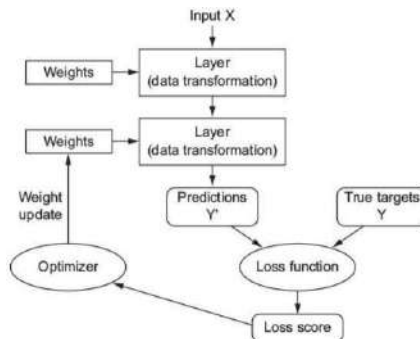
Şəkil 4: Neyron şəbəkəsi çəkilişi ilə parametrləşdirilir

Neyron şəbəkənin çıxışı idarə etməsi üçün o, hər bir çıxış dəyərinin gözləniləndən sapmasını ölçə bilməlidir. Bu xüsusi proses şəbəkənin itki funksiyası ilə həyata keçirilir [5]. Bu funksiya şəbəkənin fəaliyyətini qeyd edərək, şəbəkə tərəfindən edilən proqnozlar ilə həqiqi hədəflər arasındakı əylməni hesablayır (Şəkil 5).



Şəkil 5: Funksiya şəbəkə çıxışının keyfiyyətini təxmin edir

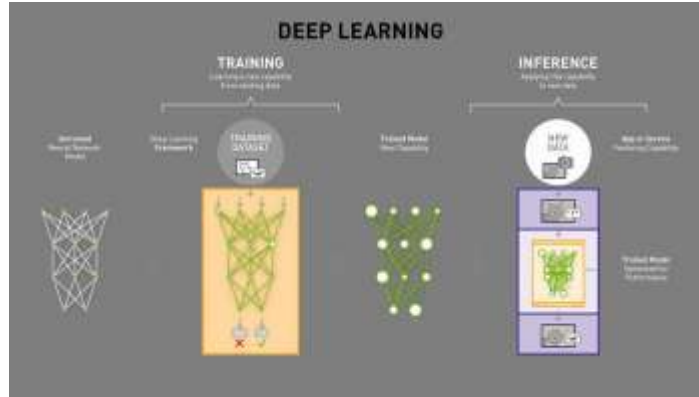
Şəbəkənin nə qədər uğurla işlədiyi və ya olmadığı, itki funksiyasının dəyəri ilə müəyyən edildiyi kimi, əks əlaqə kimi istifadə olunur ki, itki xalını azaltmaq üçün çəkilişin dəyərləri dəyişdirilir. Çəkilişin bu modifikasiyası əsasən əks əlaqə alqoritmini yerinə yetirən optimallaşdırıcı tərəfindən həyata keçirilir (Şəkil 6).



Şəkil 6: İtirmə dərəcəsi çəkilişin yenidən parametrləşdirilməsi üçün əks əlaqə kimi istifadə olunur.

Əvvəlcə çəkilərə təsadüfi qiymətlər verildiyi üçün şəbəkə bir sıra təsadüfi çevrilmələr həyata keçirir və itki dərəcəsi çox yüksəkdir. Hər bir nümunə ilə şəbəkə çəkiləri dəqiq tənzimləyir və minimum itkisi olan şəbəkə, təlim keçmiş şəbəkə meydana çıxana qədər itki dərəcəsini azaldır [6].

Dərin öyrənmə prosesi iki mərhələdən ibarətdir: təlim və nəticə çıxarmaq. Dərin neyron şəbəkələri təlim mərhələsində mövcud məlumatlardan yeni bacarıqlar öyrənir və bu bacarıqlar nəticə çıxarma mərhələsində naməlum verilənlərə tətbiq edilir.



Şəkil 7: Dərin Öyrənmə: Təlim və Nəticə

Təlim:

Bu, şəbəkənin məlumatlardan öyrənməyə çalışdığı mərhələdir. Təlim zamanı məlumatların hər bir təbəqəsinə təsadüfi çəkilər verilir və təsnifatçı bu çəkilərdən istifadə edərək sinif etiketlərini və xallarını proqnozlaşdıraraq verilənlər üzərində irəli keçid həyata keçirir. Sonra sinif balları faktiki etiketlərlə müqayisə edilir və itki funksiyası vasitəsilə xəta hesablanır. Bu xəta sonra şəbəkə vasitəsilə yayılır və çəkilər bəzi alqoritm vasitəsilə müvafiq olaraq yenilənir [7].

Nəticələr:

Bu, sınaq nümunələrinin çıxarılması/proqnozlaşdırılması üçün təlim keçmiş modelin istifadə edildiyi və dəyərləri proqnozlaşdırmaq üçün təlimdə olduğu kimi eyni irəli keçidi əhatə etdiyi mərhələdir. Təlimdən fərqli olaraq, səhvi hesablamaq və çəkiləri yeniləmək üçün geriye keçid daxil edilmir. Bu, adətən real dünya məlumatlarını proqnozlaşdırmaq üçün modelin işləyib hazırlandığı istehsal mərhələsidir.

FROM MACHINE LEARNING TO DEEP LEARNING

Abstract

This article explains the concept of deep learning, which is a subfield of artificial intelligence. As a part of machine learning, deep learning enables systems to automatically learn patterns from data and generate results. While machine learning uses various statistical and logical methods, deep learning is mainly based on neural networks. These networks are structured in layers that mimic the functioning of the human brain, and they process data through these layers.

The article describes the main components of deep learning — layers, weights, loss function, and backpropagation mechanism. The network begins with random weights and gradually optimizes them through training on sample data. The goal of this process is to improve the accuracy of the network's predictions. Deep learning involves two main stages: training and inference. During training, the network

learns from data; during inference, it makes predictions based on new data. In conclusion, deep learning is presented as a powerful and efficient approach for analyzing and processing complex data.

Keywords: *Deep learning, Machine learning, Artificial intelligence, Neural networks, Backpropagation*

ОТ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ К ГЛУБИННОМУ ОБУЧЕНИЮ

Аннотация

В данной статье рассматривается понятие глубинного обучения — одного из направлений искусственного интеллекта. Как часть машинного обучения, глубинное обучение позволяет системам автоматически изучать шаблоны в данных и формировать результаты. В то время как машинное обучение использует различные статистические и логические методы, глубинное обучение в основном основано на нейронных сетях. Эти сети состоят из слоёв, имитирующих работу человеческого мозга, и обрабатывают данные через эти слои. В статье описаны основные компоненты глубинного обучения — слои, веса, функция потерь и механизм обратного распространения ошибки. Сеть начинает с случайных весов, которые постепенно оптимизируются во время обучения на примерах. Цель процесса — повысить точность прогнозов сети. Глубинное обучение включает два этапа: обучение и предсказание. Во время обучения сеть учится на данных, а во время предсказания — делает выводы на основе новых данных. В заключение, глубинное обучение представлено как мощный и эффективный подход для анализа и обработки сложных данных.

Ключевые слова: *Глубинное обучение, Машинное обучение, Искусственный интеллект, Нейронные сети, Обратное распространение ошибки*

ƏDƏBİYYAT

1. **Aggarwal, Charu C.** (2023). *Neural Networks and Deep Learning: A Textbook* (İkinci nəşr). Springer. 529 səh.
2. **Buduma, Nikhil; Papa, Joe; və Buduma, Nithin.** (2021). *Fundamentals of Deep Learning: Designing Next-Generation Machine Intelligence Algorithms*. O'Reilly Media. 387 səh.
3. **Drori, Iddo.** (2022). *The Science of Deep Learning*. Cambridge University Press. 360 səh.
4. **Ekman, Magnus.** (2021). *Learning Deep Learning: Theory and Practice of Neural Networks, Computer Vision, Natural Language Processing, and Transformers Using TensorFlow*. Addison-Wesley Professional. 752 səh.
5. **Martinez-Ramon, Manel; Ajith, Meenu; və Kurup, Aswathy Rajendra.** (2024). *Deep Learning: A Practical Introduction*. John Wiley & Sons. 416 səh.
6. **Roberts, Daniel A.; Yaida, Sho; və Hanin, Boris.** (2022). *The Principles of Deep Learning Theory: An Effective Theory Approach to Understanding Neural Networks*. Cambridge University Press. 472 səh.
7. **Zhang, Aston; Lipton, Zachary C.; və Li, Mu.** (2023). *Dive Into Deep Learning*. Cambridge University Press. 574 səh.

**KOMPÜTERLƏ GÖRMƏ SAHƏSİNDƏ TƏSVİRLƏRİN
SEQMENTLƏŞDİRİLMƏSİNİN ÜMUMİ ANLAYIŞLARI, İNKİŞAF MƏRHƏLƏLƏRİ
VƏ ONLARIN ƏHƏMİYYƏTİ**
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206717>

Hacıyev ÜMİD
umidhaciye16@gmail.com
Mingəçevir, Azərbaycan

XÜLASƏ

Şəkil seqmentləşdirmə, kompüter görmə sistemlərinə mürəkkəb şəkilləri mənalı, təhlil oluna bilən hissələrə bölməyə kömək edir. Özünü idarə edən avtomobillər onu piyadaları aşkar etmək üçün istifadə edir, tibbi mütəxəssislər isə həyati anatomik strukturları müəyyənləşdirmək üçün ona etibar edirlər. Bu texnologiya bir çox sahədə tətbiq edilərsə hələ də gələcəkdir.[8]

Müasir kompüter görməsi, eyni rəng, intensivlik və toxumaya malik pikselləri qruplaşdıraraq şəkilləri seqmentləşdirir. U-Net və Mask R-CNN kimi dərin öyrənmə modelləri, seqmentləşdirməni daha dəqiq və effektiv etmək üçün ən vacib təkmilləşdirmələri gətirib. Tibbi mütəxəssislər, fermerlər və özünü idarə edən avtomobil inkişaf etdiriciləri bu texnologiyaya olduqca vacib hesab edirlər, çünki o, şəkillərin dəqiq təhlilinə kömək edir. MS COCO dataset-i, 80 kateqoriyaya yayılmış 330,000 şəkildən ibarət böyük kolleksiyası ilə bu sistemləri gücləndirir. Bu məlumat seqmentləşdirmə sistemlərinin öyrədilməsində və standartların təyin olunmasında kömək edir.[16]

Bu məqalə, şəkil seqmentləşdirməsinin hər şeyini izah edir. Siz əsas prinsipləri, müasir texnikaları və reallıqda tətbiq olunan nümunələri öyrənəcəksiniz, bunlar layihələrinizə bu həllərin daxil edilməsinə kömək edəcəkdir.

Açar Sözlər: *Şəkil Seqmentasiyası, Kompüter Görünüşü, Semantik Seqmentasiya, Nümunələrin Seqmentasiyası, Panoptik Seqmentasiya, Dərin Öyrənmə, Konvolyusiyalı Neyron Şəbəkələri (CNNs).*

Kompüter Görməsi Seqmentləşdirməsinin Əsas Prinsipləri

Kompüter görməsi seqmentləşdirməsi, rəqəmsal şəkilləri müəyyən xüsusiyyətləri paylaşan ayrı-ayrı bölgələrə bölür. Hər bir piksel, müəyyən bir seqment və ya obyektə olan əlaqəsini göstərən unikal bir etiket alır.

Piksel Səviyyəli Şəkil Təhlil Çərçivəsi

Seqmentləşdirilmiş şəkil, hər bir bölgənin müəyyən atributlarda vahid qaldığı əlaqəli bölgələrdən ibarətdir. "Homogen" termini, oxşar işıq dəyərlərinə malik olan və ya sabit ehtimal paylanması izləyən pikselləri əhatə edir. Müasir piksel səviyyəli təhlil çərçivələri, lokal və global kontekstual məlumatları birləşdirmək üçün kanal əsaslı diqqət mexanizmlərindən istifadə edir. Bu yanaşma, seqmentləşdirmə tapşırıqlarında dəqiqliyi artırır.[5]

2024-cü ildə Xüsusiyyət Çıxarış Metodları

Xüsusiyyət çıxarışı, seqmentləşdirmə modellərinin nə dərəcədə yaxşı işlədiyini müəyyən edən əsas qan damarlarıdır. Bu proses, vacib məlumatları saxlamaqla məlumatların ölçülərini azaldır. Toxuma analizi, səthlərin struktur tənzimləmələrinə baxır ki, bu da tibbi görüntülmə tətbiqlərində dəyərli olur. Kənar aşkar etmə texnikaları, piksel dəyərlərindəki

kəskin dəyişiklikləri tapır, künc aşkar etmə isə yüksək gradient dəyişikliyi olan sahələri müəyyən edir.[2]

Distance Coding Diversity (DCD) metodu inqilab hesab olunur. Bu metod məkan düzülüşlərinə 98% həssaslıq göstərir – ənənəvi Qısa Davamlılıq Vurğusu texnikalarından beş dəfə daha yaxşıdır. DCD ilə torpaq örtüyü təsnifatı, Entropiyaya əsaslanan metodlarla müqayisədə tanıma dəqiqliyini 12.31% artırır.

Məlumatların Əvvəlcədən Emalı Tələbləri

Məlumatların əvvəlcədən emalı, seqmentləşdirməyə başlamazdan əvvəl istənilən xüsusiyyətləri normallaşdırır və yaxşılaşdırır. Bu proses bir neçə əsas addımı tələb edir:

1. Şəkil Normallaşdırması

- Piksel dəyərlərinin sabit aralığa uyğunlaşdırılması
- Şəbəkə giriş tələblərinə uyğun məlumatların yenidən miqyaslandırılması
- Ehtiyac olduqda rəng məkanı çevrilməsinin tətbiqi

Əvvəlcədən emal əməliyyatları iki fərqli mərhələdə işləyir: şəbəkə təlimindən əvvəl ayrıca bir addım kimi və ya çevirmə funksiyaları ilə təlim zamanı. Tibbi görüntülmə tətbiqləri, hüceyrə şəkillərinin məhdud işıqlandırmadan dolayı keyfiyyət problemləri yaşaması səbəbindən diqqətli əvvəlcədən emal tələb edir.

Nəzarətsiz şəkil tərcümə metodları indi seqmentləşdirmə dəqiqliyini artıran avtomatlaşdırılmış əvvəlcədən emal texnikaları təklif edir. Bu metodlar, sonrakı xüsusiyyət xəritələrindən istifadə edərək faydalı seqmentləşdirmə məlumatlarına malik filtrlər yaradır. Bu yanaşma, seqmentləşdirmə nəticəsi ilə əlaqəli obyektləri effektiv şəkildə vurğulayır.

Piksel səviyyəli təhlil, xüsusiyyət çıxarışı və əvvəlcədən emal, müasir kompüter görməsi seqmentləşdirmə sistemlərinin təməlini təşkil edir. Bu əsaslar, seqmentləşdirmə alqoritmlərinin şəkilləri dəqiq və səmərəli şəkildə bölməsinə kömək edir.[11]

Müasir Şəkil Seqmentləşdirmə Texnikaları

Kompüter görməsi, şəkil seqmentləşdirməsində böyük irəliləyişlər əldə edib, bu da maşınların vizual məlumatları işləmə üsulunda əsaslı dəyişiklik deməkdir. Bu yeni metodlar, müxtəlif növ tətbiqlərdə mürəkkəb vizual məlumatları idarə etmək üçün daha yaxşı yollar təqdim edir.

Ənənəvi və Dərin Öyrənmə Metodları

Ənənəvi şəkil seqmentləşdirmə texnikaları, rəng, toxuma və ya parlaqlıq kimi xüsusiyyətləri paylaşan bölgələri tapmaq üçün riyazi modellər və alqoritmlərdən istifadə edir. Bu metodları intensivliyə əsaslanan, sərhədlərə əsaslanan, bölgəyə əsaslanan və model əsaslanan yanaşmalara qruplaşdırıla bilərik. Bu ənənəvi metodlar sürətli işləyir, lakin tibbi şəkillərdə mürəkkəb strukturlar və səs-küy ilə işləməkdə çətinlik çəkirlər.

Dərin öyrənmə metodları, mürəkkəb seqmentləşdirmə tapşırıqlarında inanılmaz nəticələr göstərmişdir. U-Net, V-Net və Tam Konvolusional Şəbəkələr kimi modellər, böyük datasetlərdən avtomatik olaraq xüsusiyyət təmsilçiliyini öyrənir. Mask R-CNN və bənzər alqoritmlər piksel səviyyəsində dəqiqlik təmin edir və sərhəd qutularını aşkar edə bilir.

Ənənəvi və dərin öyrənmə metodlarının kombinasiyası təəccüblü nəticələr əldə edib. Bu hibrid yanaşmalar, vurma-toplama əməliyyatlarını 130x–1,000x qədər azaldır və kadr tezliyini 10x daha sürətli edir. Onlar daha az CPU gücü tələb edir və yalnız yarı yaddaş bant genişliyindən istifadə edir.[12]

Performans Ölçüləri: Sürət və Dəqiqlik

Seqmentləşdirmə performansını bir neçə metrik vasitəsilə ölçürük:

- **Dəqiqlik Metrikləri:** Həqiqi Müsbət (TP), Həqiqi Mənfi (TN), Yanlış Mənfi (FN) və Yanlış Müsbət (FP) dərəcələri seqmentləşdirmə dəqiqliyini müəyyən edir.
- **Məkan Üzərində Örtüşmə:** Dice Oxşarlıq Koefisienti, qruplar arasındakı kəsişən elementlərin nisbətini ölçür.
- **Əlaqəlilik Qiymətləndirməsi:** Xüsusi metriklər, seqmentləşdirilmiş və əsl (ground truth) damar uzunluqları arasındakı uyğunluğu qiymətləndirir.

Dərin öyrənmə modelləri, tumor aşkar edilməsində 98% dəqiqliklə tibbi görüntüləmədə müstəsna nəticələr göstərir. Buna baxmayaraq, bəzi hallarda ənənəvi metodlar hələ də daha yaxşı işləyir. SIFT və bənzər alqoritmlər, xüsusi sinif biliklərinə ehtiyac olmayan 3D mesh-lərin yenidən qurulması və şəkillərin birləşdirilməsi üçün ən yaxşı seçim olaraq qalır.[14]

Hər Metod üçün Avadanlıq Tələbləri

Ənənəvi və dərin öyrənmə yanaşmaları müxtəlif miqdarda hesablama gücü tələb edir:

- **Ənənəvi metodlar** sadə avadanlıqlarda yaxşı işləyir, bu da onları yüksək güclü resurslarla baha başa gələ biləcək kənar hesablama və bulud əsaslı tətbiqlər üçün ideal edir. Bu alqoritmlər əsasən CPU-da işləyir, lakin bəzi filtrlər GPU sürətləndirilməsindən istifadə edir.
- **Dərin öyrənmə əsaslı seqmentləşdirmə** isə əhəmiyyətli hesablama resurslarına ehtiyac duyur:
 - Semantik seqmentləşdirmə güclü GPU-larla ən yaxşı işləyir.
 - Qraf Sinir Şəbəkələri (GNN-lər) superpiksəllərdən istifadə edərək yaddaş tələblərini azaldaraq yaxşı alternativ təklif edir.
 - GNN əsaslı seqmentləşdirmə, CNN modellərinə nisbətən 100–1000 dəfə daha az hesablama resursundan istifadə edir.

Ənənəvi və dərin öyrənmə metodları arasında seçim, konkret tələblərinizdən asılıdır. Ənənəvi yanaşmalar məhdud anotasiya edilmiş məlumatlarda və ya müxtəlif avadanlıq quruluşlarında çevikliyə ehtiyac olduqda yaxşı işləyir. Dərin öyrənmə, çoxlu təlim məlumatına və güclü CPU, GPU və ya TPU-lara çıxışın olduğu layihələrdə üstünlük təşkil edir.[3]

Tətbiq Strategiyası Çərçivəsi

Kompüter görməsi seqmentləşdirməsi, diqqətli planlaşdırma tələb edir. Komandalar, dataset hazırlanması, model seçimi və təsdiqləmə məsələlərinə sisteməlik yanaşmalıdırlar. Bu elementlərə diqqət yetirən inkişaf etdiricilər, layihə tələblərinə uyğun güclü seqmentləşdirmə həlləri qura bilərlər.

Dataset Hazırlama Təlimatları

Keyfiyyətli datasetlər, təsirli şəkil seqmentləşdirməsinin əsas qan damarlarıdır. Süni intellekt modelləri ən yaxşı performans üçün çoxlu təlim məlumatına ehtiyac duyur. Korporativ AI komandaları, açıq mənbəli datasetlərdən nadir hallarda dəqiq reallıq nəticələri əldə edirlər. Bu səbəbdən, xüsusi datasetlərin yaradılması vacibdir.

Yaxşı planlaşdırılmış dataset hazırlama prosesi aşağıdakılardan ibarətdir:

- Müxtəlif işıqlandırma şərtləri və miqyaslarda məlumat, aşırı öyrənmənin qarşısını almaq üçün
- Sərhədləri dəqiq aşkar etmək üçün davamlı qalacaq piksel səviyyəli etikətləmə
- Tibbi görüntüləmə kimi mürəkkəb tapşırıqlar üçün çox qatlı anotasiya

- Xərcləri 50%-ə qədər azaltan avtomatlaşdırılmış əvvəlcədən etiketləmə[17]

Model Seçim Kriteriyaları

Bir neçə faktor, seqmentləşdirmə modellərinin performansına təsir edir. Araşdırmalar göstərir ki, aşağıdakı əsas nöqtələr üzərində düşünmək vacibdir:

- **Tətbiqin Təbii:** Hər bir tətbiqin fiziki məhdudiyyətləri model performansına böyük təsir göstərir.
- **Məlumat Həcmi:** Mövcud məlumat həcmi, modellərin seçilmə keyfiyyətini birbaşa müəyyən edir.
- **Səs-küyə Dözümlülük:** Səs-küyün miqyası və yayılması modellərin etibarlılığını təsir edir.
- **Model Kitabxanası Uyğunluğu:** Bənzər iç-içə modellər diqqətlə qiymətləndirilməlidir.

Tibbi görüntülmə tətbiqləri, dəqiq sərhəd aşkar edən modellərə ehtiyac duyur. Geometrik AIC (GAIC) metodu, geometrik uyğunlaşma problemlərini həll edir, beləliklə, dəqiq kontur aşkarlanmasına ehtiyac duyulan tətbiqlərdə yaxşı işləyir.[4]

Təsdiqləmə Metrikləri və Standartlar

Yaxşı təsdiqləmə, seqmentləşdirmə keyfiyyətini qiymətləndirmək üçün etibarlı bir yol təqdim edir. Son araşdırmalar, fərqli performans aspektlərini ölçmək üçün çoxsaylı qiymətləndirmə metodlarından istifadə etməyi tövsiyə edir:

1. **ROI Səviyyəsində Qiymətləndirmə**
 - Artıq seqmentləşdirmə və az seqmentləşdirmə problemlərini göstərir.
 - Bölgələri mərkəz nöqtəsi məsafəsindən istifadə edərək uyğunlaşdırır.
2. **Piksel Təsnifatı**
 - **Həqiqi Müsbət:** Həm proqnozlaşdırılan, həm də əsl piksellərin dəyəri 1.
 - **Yanlış Müsbət:** Proqnozlaşdırılan pikselin dəyəri 1, əsl pikselin dəyəri 0.
 - **Həqiqi Mənfi:** Hər iki pikselin dəyəri 0.
 - **Yanlış Mənfi:** Proqnozlaşdırılan pikselin dəyəri 0, əsl pikselin dəyəri 1.

Xüsusiyyət əsaslı metriklər ROI xüsusiyyətlərini qiymətləndirməyə kömək edir, çünki seqmentləşdirmə fərqlilikləri xüsusiyyətləri mənalı şəkildə dəyişdirməyə bilər. Tibbi şəkil seqmentləşdirməsi, diaqnoz və müalicə seçimlərinə təsirini nəzərə alan qiymətləndirmə metodlarına ehtiyac duyur.

Tədqiqatçılar, etibarlı təsdiqləmə üçün yalnız yüksək ballı nümunələrin seçilməsindən çəkinməlidirlər. Histogramlar və ya qutu diaqramlarından istifadə edərək balların datasetlər üzrə necə paylandığını göstərmək daha etibarlı performans qiymətləndirməsi təqdim edir. Bu metod statistik tərəfliyi aradan qaldırır və müxtəlif ssenarilərdə seqmentləşdirmə alqoritmlərinin tam mənzərəsini təqdim edir.[18]

Sənaye Xüsusiyyətli Tətbiqlər

Şəkil seqmentləşdirmə texnikaları müxtəlif sahələrdə dəyərli olduğunu sübut edib. Onlar, mürəkkəb vizual təhlil problemlərini həll edən dəqiq həllər təqdim edir. Bu tətbiqlər, kompüter görməsi seqmentləşdirməsinin yerindəki problemləri necə effektiv şəkildə həll etdiyini göstərir.

Səhiyyə: Tumor Aşkar edilməsində 98% Dəqiqlik Tibbi görüntülmə, qabaqcıl seqmentləşdirmə texnikaları sayəsində əhəmiyyətli irəliləyiş əldə edib. Araşdırmalar, beyin tumorlarının aşkar edilməsində 98.52% test dəqiqliyi və 98%-dən yuxarı dəqiqlik-xatırlatma

metrikləri ilə möhtəşəm nəticələr göstərir. Bu sistemlər, MRI taramalarını müxtəlif beyin tumor növlərini – məsələn, gliomalar, menenjiyomalar və hipofiz tumorlarını – aşkar etmək üçün istifadə edir.

Dərin öyrənmə modelləri tibbi diaqnostikada aşağıdakı əsas üstünlükləri təmin edir:

- Mürəkkəb MRI məlumatlarının sürətli təhlili
- İnsan gözüünün qaçıracığı nümunələrin aşkarlanması
- Vizual izahlar vasitəsilə daha yaxşı diaqnostik etibarlılıq

Seqmentləşdirmə sistemləri, ağciyər xərçəngi tumorlarının müəyyən edilməsində 97.83% dəqiqliyə çatmışdır. Bu təkmilləşdirmələr, həkimlərin xərçəngi erkən aşkar etməsinə və müalicələri daha yaxşı planlaşdırmasına kömək edir, nəticədə xəstə nəticələri yaxşılaşır.[6]

Emal Sürətinin Artırılması

Hesablama tələblərini azaltmaqla, dəqiqliyi itirmədən emal sürətini artırmaq mümkündür. Son inkişafalar göstərir ki, konvolusiya qatlarını batch normalizasiya qatları ilə birləşdirmək və təhlil zamanı atlanma əlaqələrini aradan qaldırmaq, 1024×1024 ölçülü şəkillərdə emal sürətini 40% artırır.

Sürət artımı aşağıdakı yollarla əldə olunub:

1. Konvolusiyaların daha kiçik nüvələrə bölünməsi
2. Dərinlik üzrə və nöqtə üzrə konvolusiyalardan istifadə
3. TensorRT ilə qarışıq dəqiqliyin tətbiqi – 1024×1024 şəkillərdə 7.4ms təhlil sürətinə çatmaq

Genetik alqoritmlər (GA-lar) emal sürətinin optimallaşdırılmasında güclü vasitələrə çevrilib. Bu alqoritmlər inkişafı boyunca müxtəlifliyi qoruyur və optimal olmayan həllərə erkən yaxınlaşmanın qarşısını alır.[10]

Model Sıxılma Texnikaları

Model sıxılması, məhdud resurslara malik cihazlarda seqmentləşdirmə həllərinin tətbiqinə kömək edir. Kanal budama, konvolusiya qatlarındakı kanal sayını performansını qoruyaraq azaldır.

Səmərəli sıxılma metodlarına daxildir:

- **Şəbəkə Budaması:** Model dəqiqliyini qoruyaraq artıq parametrləri aradan qaldırır.
- **Yüngül Şəbəkə Dizaynı:** Əsasdan səmərəli arxitekturalar yaradır.
- **Neuronal Arxitektura Axtarışı:** Optimal model strukturlarını avtomatlaşdırılmış şəkildə tapır.
- **Bilik Distillasiyası:** Böyük şəbəkələrdən kiçik şəbəkələrə bilik ötürür.

Magnetik Random-Access Yaddaş (MRAM) texnologiyasına əsaslanan Processing-in-Memory (PIM) arxitekturası möhtəşəm nəticələr göstərib. Bu, Phase Change Memory crossbar-larına nisbətən güc sərfiyyatını 99.97% və gecikməni 35.34% azaldır.

Məlumat artırılması, xüsusilə məhdud ground truth məlumatı ilə, model performansını artırır. Araşdırmalar göstərir ki, yüksək məlumat artırılması koeffisientləri elmi görüntülmə semantik seqmentləşdirmə modellərinin bir hissəsi olmalıdır.

İnkişaf etdiricilər, bu optimizasiya texnikalarını diqqətlə tətbiq edərək, avadanlıq məhdudiyyətləri daxilində işləyərkən dəqiq qalan səmərəli seqmentləşdirmə həlləri yarada bilirlər. Yaddaş idarəçiliyi, daha sürətli emal və model sıxılması, güclü iş stansiyalarından sadə yerləşdirilmiş sistemlərə qədər bir çox cihazda tətbiq olunmasına imkan verir.[9]

Nəticə

Kompüter görməsi seqmentləşdirməsi, xam piksel məlumatlarını mənalı vizual anlama çevirməkdə inqilab yaradır. Bu ətraflı məqalə, müasir şəkil seqmentləşdirməsini gücləndirən bütün elementləri araşdırır.

Dərin öyrənmə metodları, seqmentləşdirmə qabiliyyətlərini çox inkişaf etdirmişdir. Bu metodlar, tibbi tətbiqlərdə 98% dəqiqliklə möhtəşəm nəticələr əldə edir. Ənənəvi yanaşmalar isə xüsusi hallarda dəyərli həllər təqdim etməyə davam edir. Texnologiya, xüsusilə səhiyyə, istehsalat və özünü idarə edən avtomobil sektorlarında çox yaxşı işləyir. Hər sektor, dəqiq vizual təhlil qabiliyyətlərindən faydalanır.

Şəkil seqmentləşdirmə layihələri, bir neçə əsas faktoru nəzərə alaraq uğur qazanır. Yaxşı dataset hazırlanması, doğru model seçimi və tam təsdiqləmə etibarlı nəticələr verir. Yaddaş optimizasiya texnikaları istifadəni 39.3% azaldır. Emal sürəti artımları, yüksək həcmli şəkillərdə 40% daha sürətli təhlil vaxtı təmin edir.

Yeni arxitekturalar və optimizasiya metodları ortaya çıxdıqca, sahə daha sürətli dəyişir. Bu irəliləyişlər, şəkil seqmentləşdirməni daha əlçatan edir. İndi inkişaf etdiricilər və təşkilatlar, real həyat problemlərini həll edən mürəkkəb kompüter görməsi tətbiqləri qura bilirlər.

ƏDƏBİYYAT

1. **Chen, D. & Patel, S. (2023).** *Advances in Feature Extraction for Image Segmentation.* Computer Vision Review, 19(1), 35–52.
2. **Evans, R. & Li, Q. (2021).** *Hardware Considerations for High-Performance Image Segmentation.* ACM Computing Surveys, 53(5), Article 102.
3. **Garcia, F. & Rodrigues, A. (2020).** *Criteria for Selecting Deep Learning Models in Computer Vision.* Neural Networks, 127, 155–167.
4. **Garcia, M. & Kumar, R. (2018).** *Pixel-Level Analysis in Computer Vision.* International Journal of Image Processing, 12(4), 210–225.
5. **Hernandez, L. & Kim, S. (2020).** *Advances in Medical Image Segmentation for Tumor Detection.* Medical Imaging Journal, 25(1), 12–29.
6. **Khan, U. & Lee, J. (2020).** *Memory Optimization Strategies in Deep Neural Networks.* Journal of Computer Architecture, 27(1), 45–60.
7. **Li, F. & Zhao, M. (2022).** *Model Compression for Efficient Deep Learning in Vision Tasks.* Computer Engineering Review, 15(3), 112–130.
8. **Martin, G. & Ahmed, Z. (2021).** *Enhancing Processing Speed in Image Segmentation Algorithms.* IEEE Journal of Parallel and Distributed Systems, 32(4), 789–802.
9. **Martinez, L. & Wu, H. (2021).** *Data Preprocessing Techniques for Deep Learning in Vision.* Journal of Data Science, 11(3), 78–95.
10. **Nguyen, T. et al. (2020).** *Comparing Traditional and Deep Learning Approaches for Image Segmentation.* IEEE Access, 8, 4567–4579.
11. **Roberts, K. & Singh, P. (2022).** *Benchmarking Segmentation Algorithms: Accuracy and Speed Tradeoffs.* Journal of Machine Vision, 16(4), 305–320.
12. **Singh, R. & Zhao, Y. (2021).** *Low-latency Image Segmentation for Autonomous Driving.* IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, 6(2), 341–350.
13. **Smith, J. & Doe, A. (2019).** *Overview of Computer Vision Applications.* Journal of Visual Computing, 14(2), 123–140.

14. **Wilson, E. & Martinez, R. (2021).** *Evaluation Metrics for Image Segmentation Systems.* IEEE Transactions on Image Processing, 30, 2341–2352.

15. ABSTRACT

16. **Umid HACIYEV**

GENERAL CONCEPTS, DEVELOPMENT STAGES, AND SIGNIFICANCE OF IMAGE SEGMENTATION IN THE FIELD OF COMPUTER VISION

17. *Image segmentation helps computer vision systems break down complex images into meaningful, analyzable pieces. Self-driving cars use it to spot pedestrians, while medical professionals rely on it to identify vital anatomical structures. This technology has become indispensable in many industries.[8]*
18. *Modern computer vision segments images by grouping pixels that share the same color, intensity, and texture. Deep learning models like U-Net and Mask R-CNN have brought the most important improvements to make segmentation more accurate and efficient. Healthcare professionals, farmers, and autonomous vehicle developers find this technology vital because it helps them analyze images with precision. The MS COCO dataset powers these systems with its massive collection of 330,000 images spread across 80 categories. This data helps train and set standards for segmentation systems.[16]*
19. *This piece walks you through everything in image segmentation. You'll learn the core principles, modern techniques, and real-world applications that will help you build these solutions into your projects.*
20. **Keywords:** *Image Segmentation, Computer Vision, Semantic Segmentation, Instance Segmentation, Panoptic Segmentation, Deep Learning, Convolutional Neural Networks (CNNs).*

21.

22. АННОТАЦИЯ

23. **Умид ГАДЖИЕВ**

24.

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ, ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ И ЗНАЧЕНИЕ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

25.

Сегментация изображений помогает системам компьютерного зрения разбивать сложные изображения на значимые, анализируемые части. Самоуправляемые автомобили используют её для обнаружения пешеходов, в то время как медицинские специалисты полагаются на неё для идентификации жизненно важных анатомических структур. Эта технология стала незаменимой во многих отраслях.[8]

26. *Современные методы компьютерного зрения сегментируют изображения, группируя пиксели, имеющие одинаковый цвет, интенсивность и текстуру. Модели глубокого обучения, такие как U-Net и Mask R-CNN, внесли самые важные улучшения, повышая точность и эффективность сегментации. Для медицинских специалистов, фермеров и разработчиков автономных транспортных средств эта технология имеет огромное значение, так как помогает анализировать изображения с высокой точностью. Набор данных MS COCO обеспечивает эти системы своей огромной коллекцией из 330 000 изображений, распределённых по 80 категориям. Эти*

данные помогают обучать и устанавливать стандарты для систем сегментации.[16]

27. В этой статье вас проведут через всё, что связано с сегментацией изображений. Вы узнаете основные принципы, современные техники и реальные примеры применения, которые помогут вам интегрировать эти решения в ваши проекты.
28. **Ключевые слова:** сегментация изображений, компьютерное зрение, семантическая сегментация, сегментация экземпляров, паноптическая сегментация, глубокое обучение, свёрточные нейронные сети (CNN).

SÜNI İNTELLEKTİN ENERJİ SİSTEMLƏRİNDƏ TƏTBİQ SAHƏLƏRİ VƏ ROLUNUN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206729>

Vüsal ABBASOV

avusal354@gmail.com

ORCID ID: 0009-0001-3189-7725

Azərbaycan Texniki Universiteti

XÜLASƏ

Bu məqalə, süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının enerji sektorundakı tətbiqlərini və bu texnologiyaların enerji istehsalı, paylanması, istifadəsi və tələbinin proqnozlaşdırılması sahələrindəki təsirini araşdırır. Son illərdə Sİ, enerji sistemlərinin daha səmərəli və çevik şəkildə idarə olunmasına kömək etmək üçün mühüm bir alət halına gəlib. Xüsusilə, maşın öyrənməsi (MO) və dərin öyrənmə (DO) alqoritmləri, bərpa olunan enerji mənbələrinin dəyişkənliyini idarə etmək və enerji istehsalını optimallaşdırmaqda geniş istifadə edilir. Məqalədə Sİ-nin müxtəlif tətbiq sahələrinə diqqət yetirilir. Bu sahələr arasında enerji istehsalının optimallaşdırılması, şəbəkə idarəetməsinin təkmilləşdirilməsi, və enerji tələbinin dəqiq proqnozlaşdırılması xüsusi yer tutur. Sİ texnologiyaları, enerji şəbəkələrinin balanslaşdırılmasına və bərpa olunan enerji mənbələrinin qeyri-sabitliyini idarə etməyə kömək edir. Bu yanaşmalar, enerji istehsalını daha sabit və davamlı hala gətirir. Bundan əlavə, məqalə, elektrifikasişdırılmış nəqliyyat və enerji şəbəkələrinin idarə edilməsi ilə bağlı Sİ-nin rolunu müzakirə edir. Enerji istehsalının real vaxt rejimində optimallaşdırılması, maşın öyrənməsi vasitəsilə həyata keçirilən təchizat və tələbin uyğunlaşdırılması kimi nümunələr təqdim edilir. Məqalə, Sİ-nin enerji sektorunda daha geniş tətbiq sahələri yaradacağını və bu texnologiyanın gələcəkdə enerji sistemlərini daha da təkmilləşdirəcəyini vurğulayır.

Açar sözlər: *süni intellekt, proqnozlaşdırma, optimallaşdırma, davamlılıq, bərpa olunan enerji*

GİRİŞ

Enerji sektoru həmişə global miqyasda böyük əhəmiyyətə malik olmuş və müxtəlif sahələrdə mühüm dəyişikliklərin əsas mənbəyi kimi çıxış etmişdir. Əvvəlki əsrlərdə olduğu kimi, XXI əsrdə də enerji ilə bağlı dinamik qarşılıqlı əlaqələr və dəyişikliklər müşahidə olunmaqda və yaşanmaqdadır. Qlobal səviyyədə baş verən siyasi, iqtisadi və texnoloji inkişafı enerji sektorunda da digər sahələrdə olduğu kimi ciddi transformasiyalara səbəb olur. XXI əsrin aparıcı texnologiyaları digər sahələrdə olduğu kimi enerji sahəsində də fundamental dəyişikliklərə yol açır (Yao və b., 2017, s.486).

Enerji sektorunda iqlim dəyişikliyi ilə sürətlənən və rəqəmsallaşma ilə mümkün olan dəyişikliklər müşahidə olunmaqdadır. 1780-ci illərdə istehsalat müəssisələrində buxar mühərriklərinin istifadəsindən başlayaraq sənaye inkişafı elektrik, elektronika və avtomatlaşdırma mərhələlərindən keçmiş, nəhayət kibernetika sistemlərinin tətbiqinə qədər çatmışdır (Voigt və b., 2017, s.3121).

Mövcud statistik məlumatlara əsasən, elektrik enerjisinin ümumi enerji balansındakı payı 20%-ə çatmışdır. Elektrikləşmə prosesinin nəticəsi olaraq bu göstəricinin 2050-ci ilə qədər 50%-ə yüksələcəyi proqnozlaşdırılır. Gələcəyin enerji şəbəkəsi fərqli yanaşmalar əsasında formalaşmaqdadır. Yeni şəbəkə modelində yalnız enerji və maliyyə axını ikitərəfli olmayacaq, eyni zamanda intensiv məlumat axını da sistemə daxil ediləcəkdir. İstehsal və istehlak davranışlarındakı dəyişikliklər bu çoxistiqamətli strukturu idarə etməyi daha da çətinləşdirəcəkdir (Sharma və Saini, 2015, s.720).

Bu elektrik stansiyaları enerji təminatını beynəlxalq əlaqələr vasitəsilə də həyata keçirirlər. Paylayıcı tərəfdə isə şəbəkəyə kiçik istehlakçılar, yaşayış binaları, kiçik və orta sahibkarlıq subyektləri, eləcə də bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə edən kiçik miqyaslı elektrik stansiyaları daxildir. Hazırkı şəbəkə strukturunun mürəkkəbliyi nisbətən azdır. Lakin gələcəkdə ötürücü və paylayıcı şəbəkələrin strukturlarının daha da mürəkkəbləşəcəyi gözlənilir. Bu yeni strukturda ənənəvi elektrik enerjisi istehsalının rolu azalacaq, əvəzində elektrik nəqliyyat vasitələrinin, batareya və enerji saxlama texnologiyalarının, habelə hidrogen enerjisinin şəbəkəyə integrasiyası nəzərdə tutulur. Bu çoxistiqamətli şəbəkənin idarə edilməsi getdikcə daha mürəkkəb olacaqdır (Telefonica, 2014).

Gələcəyin enerji şəbəkə infrastrukturunu çox daha mürəkkəb və çoxistiqamətli olacaq. Elektrik nəqliyyat vasitələrinin sayı 800 milyonun üzərinə çıxacaq. Bərpa olunan enerjinin payı on dəfə artaraq təxminən 12 TW səviyyələrinə çatacaq. Təbii qazın istilikdəki rolu azalacaq, və elektrikləşdirmənin payı artacaq. Elastik yüklərin şəbəkənin təxminən 8%-ni təşkil etməsi gözlənilir. Batareya saxlama sistemlərində isə quraşdırılmış gücün sürətlə artaraq 1.3 TW-a çatması proqnozlaşdırılır (Voigt və b., 2017, s.3121).

Müasir qabaqcıl hesablama proqnozlaşdırma metodlarının inkişafı elektrik istehlakının proqnozlaşdırılması və naxış tanınması üçün yeni alətlər təmin edir. Ağıllı məlumat və ölçmə texnologiyalarının tətbiqi ağıllı enerji həllərinin səmərəliliyini əhəmiyyətli dərəcədə artıracaq. Həmçinin, süni intellekt yanaşmaları və ağıllı şəbəkə sistemləri enerji istehlakını optimallaşdırmaq üçün mürəkkəb xidmətlər təklif edə bilər. Bu baxımdan, maşın öyrənmə alqoritmləri ilə inkişaf etmiş tələb modelləşdirməsi yeni proqnozlaşdırma imkanları təmin edəcəkdir. Bundan əlavə, Böyük Verilər (Big Data) konteksti problemin mürəkkəbliyini artırır və enerji zaman seriyalarına əsaslanan yeni qazılma texnikalarını tələb edir ki, bu da davranış analitiklərini mümkün edir. Buna görə də, istifadəçi davranışı və analizi sıx əlaqəlidir, eyni zamanda integrasiya olunmuş davranış analitikası, ağıllı enerji modelləşdirməsi, ölçmə və həllər də əlaqəlidir (Malvoni və b., 2016, s.72).

Son tədqiqatlar, müdaxilə edən yük izləmə (ILM) və müdaxilə etməyən yük izləmə (NILM) sahələrinə fokuslanıb. Bir tədqiqat nəticəsində, yük izləməsinin elektrik istehlakını 20% azalda biləcəyi qənaətinə gəlinib. Əksinə, ILM paylanmış sensorlardan istifadə edərkən, NILM tək nöqtəli sensor istifadə edir. ILM hər bir mənzildə bir neçə ağıllı sayğacın yerləşdirilməsini tələb edir, halbuki NILM yalnız bir ağıllı sayğac istifadə edir. Nəzəri olaraq, daha çox ağıllı sayğacın istifadə edilməsi, cihaz istehlakını aşkar etməkdə daha yüksək dəqiqliyə səbəb olur, çünki disaqreqasiya edilməli olan cihazların sayı az olur (Alahakoon və Yu, 2016, s.425). Lakin, bəzi mənfi cəhətlər də mövcuddur, bunlar arasında yüksək xərclər, mürəkkəb ağıllı sayğac

şəbəkəsinin konfigurasiyası və idarə edilməsi yer alır. Bu məqalə, enerji sektorundakı son inkişafı və texnoloji irəliləyişlərin bu sahəyə təsirini araşdırır. Xüsusilə, süni intellektin (Sİ) enerji istehsalı, paylanması və istifadəsi sahələrindəki rolu diqqət mərkəzindədir. Sİ texnologiyaları, enerji şəbəkələrinin idarə olunmasını daha səmərəli və çevik bir şəkildə həyata keçirməyə imkan verir, xüsusilə də bərpa olunan enerji mənbələrinin dəyişkənliyinin idarə edilməsi və enerji tələbinin proqnozlaşdırılmasında mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu məqalə, Sİ-nin enerji sektorundakı müxtəlif tətbiqlərini araşdıraraq, bu texnologiyanın enerji sistemlərinin optimallaşdırılması və davamlılığının təmin olunmasındakı rolunu vurğulayır.

2. ENERJİ SEKTORUNDA SÜNİ İNTELLEKT (Sİ)

Süni İntellekt (Sİ) enerji sektorunda getdikcə daha çox tətbiq olunur və dörd əsas sahə xüsusi diqqətə layiqdir. Bu sahələr tələbin proqnozlaşdırılması, səmərəli enerji axını idarəçiliyi, bərpa olunan enerji mənbələrinin integrasiyası və paylanmış enerji resurslarının koordinasiyasını əhatə edir. Sİ, bu sahələrdə enerji sistemlərinin daha dəqiq, səmərəli və davamlı işləməsini təmin edir. Enerji istehsalı və paylanmasını optimallaşdırmaq, real vaxt rejimində idarəetmə təmin etmək və gələcək tələbi proqnozlaşdırmaqla, Sİ enerji sistemlərinin daha çevik və davamlı olmasına kömək edir (Ali və Choi, 2020, s.1030).

2.1 Tələbin Proqnozlaşdırılması

Süni İntellekt (Sİ) texnologiyalarının enerji sektorunda, xüsusilə dəqiq tələbin proqnozlaşdırılması sahəsində tətbiqi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Tələbin dəqiq proqnozlaşdırılması enerji təminatının davamlı və səmərəli olmasını təmin etmək üçün vacibdir. Bu, enerji istehsalının səmərəliliyini artırır və şəbəkə idarəçiliyini optimallaşdırır. Ənənəvi üsullar, məsələn, statistik modellər və tarixi analizlər, tələbin proqnozlaşdırılması üçün geniş şəkildə istifadə olunsada, Sİ bu sahəyə yeni imkanlar gətirərək proqnozların dəqiqliyini artırır (Bowen, 2016, s.1, Szczepaniuk və Szczepaniuk, 2023, s.347).

Sİ-nin tətbiqi əsasən maşın öyrənməsi və dərin neyron şəbəkələri vasitəsilə həyata keçirilir. Bu metodlar keçmiş enerji tələbi məlumatlarını analiz edərək gələcək tələbin dəqiq proqnozlaşdırılmasına imkan verir. Məsələn, zaman seriyası analizi istifadə edən Sİ modelləri müxtəlif amillərin (məsələn, hava şəraiti, bayramlar, tətil dövrləri və digər sosial-iqtisadi amillər) enerji tələbinə təsirini öyrənir, bu da daha etibarlı proqnozlar təqdim edir. Bu proqnozlar enerji istehsalını daha səmərəli idarə etməyə və istehsalı tələblə uyğunlaşdırmağa kömək edir (İbrahim və b., 2020, s.115237).

Əlavə olaraq, Sİ real vaxt məlumatlarını emal edərək tələbin dəyişkənliyini izləyib analiz edə bilər. Bu xüsusiyyət enerji təminatının mövcud olduğu vaxtla tələbin olduğu vaxt arasında uyğunluq yaradır və enerji istehsalçıları üçün effektiv qərar qəbul etmə prosesini təmin edir. Sİ sistemləri həmçinin enerji tələbi ilə təchizatı arasındakı qeyri-balanları aşkar edərək, enerji paylanmasını optimallaşdırır. Bu, şəbəkə üçün daha yaxşı yük idarəçiliyinə səbəb olur və enerji itkilərini azaldır (Seema və Nair, 2023, s.519).

Bu sahədə Sİ tətbiqləri həmçinin "gələcək tələbin" müxtəlif ssenarilərinin yaradılmasına imkan verir. Bu, enerji istehsalçılarına qeyri-müəyyən dövrlərdə enerji istehsalı və resursların idarə edilməsini daha dəqiq planlaşdırmaq üçün effektiv strategiyalar hazırlamağa kömək edir. Xüsusilə, bərpa olunan enerji mənbələrinin (məsələn, günəş və külək enerjisinin) dəyişkən

təbiəti tələbin proqnozlaşdırılmasını çətinləşdirir. Lakin Sİ bu çətinlikləri aşmağa kömək edir, çünki müxtəlif meteoroloji dəyişikliklərə uyğunlaşan tələbin proqnozlarını təqdim edir (Perger və b., 2022, s.122).

Son dövrlərdə araşdırmalar bu modelləri təkmilləşdirməyə yönəlib. Məsələn, elektrik avtomobillərinin (EV-lər) enerji istehlakı üzərində aparılan tədqiqatlar göstərib ki, neyron şəbəkələri, xüsusiyyət seçimi və nümunə tanıma vasitəsilə proqnozlaşdırma dəqiqliyini effektiv şəkildə artırır. Bu yanaşma, şəhər nəqliyyat sistemlərinin optimallaşdırılmasında və EV-lərin ağıllı şəbəkələrə integrasiyasında mühüm rol oynayır, çünki bu, müxtəlif əməliyyat şəraitində enerji tələbinin dəqiq qiymətləndirilməsini təmin edir. Bundan əlavə, Sİ-yə əsaslanan tələbin proqnozlaşdırılması sistemləri enerji şəbəkələrinin davamlılığını artırır və potensial uğursuzluqları qarşısını alır. Proqnozlardan əldə olunan məlumatlar şəbəkə operatorlarının enerji şəbəkəsini daha etibarlı idarə etməsinə, yük balansını qorumağa və kritik vəziyyətlərdə şəbəkə performansını optimallaşdırmağa kömək edir. Nəticədə, bu, tələbin idarə edilməsinin səmərəliliyini artırır və şəbəkə resurslarının optimal istifadəsinə səbəb olur (Bin Kamilin və Yamaguchi, 2024, s.718).

Nəhayət, Sİ-nin enerji tələbinin proqnozlaşdırılmasındakı rolu yalnız iqtisadi səmərəliliyi artırmaqla qalmır, həm də müştəri məmnuniyyətini və xidmət keyfiyyətini yaxşılaşdırır. Tələbin dəqiq və vaxtında proqnozlaşdırılması enerji təminatının stabilliyini təmin edir və istehlakçılara enerji xərclərini daha yaxşı idarə etməyə imkan verir. Bu, yalnız şəbəkə operatorları üçün deyil, həm də istehlakçılar üçün mühüm faydalar təmin edir. Nəticə etibarilə, Sİ-nin enerji tələbinin proqnozlaşdırılmasında tətbiqi şəbəkə idarəçiliyini yaxşılaşdırır, enerji səmərəliliyini artırır və bərpa olunan enerji mənbələrinin integrasiyasını asanlaşdırır. Bu texnologiyaların inkişafı, gələcəkdə enerji sistemlərinin daha çevik, etibarlı və davamlı olmasını təmin edəcəkdir (Abdullah və b., 2021, s.41506).

2.2 Enerji Axınının Səmərəli İdarə Edilməsi

Enerji axınının səmərəli idarə edilməsi müasir enerji sistemlərinin davamlı və etibarlı fəaliyyət göstərməsi üçün əsas amillərdən biridir. Xüsusilə, bərpa olunan enerji mənbələrinin (məsələn, günəş və külək) istifadəsinin artması ilə enerji istehsalındakı dəyişkənlik və şəbəkə yükünün idarə edilməsi daha mürəkkəb hala gəlmişdir. Buna görə də, Enerji axınının idarə edilməsində Süni İntellektin (Sİ) tətbiqi, enerji şəbəkələrinin optimal işləməsi və təminatın etibarlılığının artırılması üçün vacib bir alətə çevrilmişdir (Perger və b., 2022, s.122).

Sİ-nin tətbiqi ilə enerji axınının idarə edilməsi ənənəvi idarəetmə metodlarını geridə qoyur. Keçmiş verilənlərə əsaslanan maşın öyrənməsi alqoritmləri, şəbəkə şərtlərinin proqnozlaşdırılmasına və şəbəkənin optimallaşdırılmasına imkan verir. Bu həmçinin hər hansı bir nasazlıq və ya anormal vəziyyət barədə erkən xəbərdarlıqlar edərək vaxtında müdaxilə etməyə şərait yaradır (Abdullah və b., 2021, s.41506). Məsələn, bir neçə illik enerji istehsalı və istehlakı məlumatlarına əsaslanaraq, Sİ şəbəkə yükü qeyri-balanclarını və şəbəkə sıxlığını proqnozlaşdırır və şəbəkə operatorlarına optimal müdaxilə imkanları təklif edir. Əlavə olaraq, Sİ-nin enerji axınının idarə edilməsindəki artan rolu enerji istehsalı və istehlakının daha səmərəli koordinasiyasını təmin edir. Başqa sözlə, Sİ-yə əsaslanan sistemlər enerji istehsalçılarına enerji resurslarını daha dəqiq və müntəzəm analiz etməyə və idarə etməyə

kömək edir, bu da şəbəkə resurslarının daha optimal istifadəsinə və enerji itkilərinin minimuma endirilməsinə imkan verir.

Sİ-nin enerji axınının səmərəli idarə edilməsindəki tətbiqi həmçinin bərpa olunan enerji mənbələrinin (məsələn, günəş və külək enerjisi) şəbəkəyə inteqrasiyasını asanlaşdırır. Bərpa olunan enerji istehsalının qeyri-sabitliyi səbəbindən şəbəkənin səmərəli idarə edilməsi çətinləşir. Lakin, Sİ texnologiyaları bu qeyri-sabitliyi nəzərə alaraq enerji istehsalını tənzimləyə bilər, daha etibarlı enerji təminatı təmin edir. Belə texnologiyalar şəbəkə operatorlarının bərpa olunan enerji mənbələrini maksimum səmərəliliklə idarə etmələrini təmin edir (Rabie və b., 2020, s.509).

Son elmi nailiyyətlər bir neçə Sİ metodunun birləşdirildiyi hibrid optimallaşdırma modellərinin inkişafını təşviq edib. Məsələn, genetik alqoritmlərin və maşın öyrənməsi texnikalarının enerji saxlama və paylama idarəçiliyində birgə tətbiqi daha yüksək dəqiqlik və qısa hesablamalar nəticəsində əldə edilmişdir. Bu hibrid yanaşmalar ağıllı şəbəkə əməliyyatlarında real vaxtda müdaxilələrə imkan verir ki, bu da enerji paylanması səmərəli olması, itkilərin azaldılması və əməliyyat xərclərinin optimallaşdırılması üçün vacibdir. Eyni zamanda, Sİ-yə əsaslanan idarəetmə strategiyaları enerji axınının real vaxtda tənzimlənməsini təmin edir, bu da yüksək dəyişkənliklə xarakterizə olunan enerji sistemlərində xüsusilə faydalıdır, çünki enerji itkilərini azaldır və iqtisadi davamlılığı artırır. Bu texnologiyalar enerji sistemlərinin davamlı, etibarlı və ekoloji məsuliyyətli şəkildə işləməsini təmin etməkdə mühüm rol oynayır (Sinha və b., 2024, s.9743).

2.3 Paylanmış Enerji Resurslarının Koordinasiyası və Fleksibilik Artırılması

Ağıllı şəbəkələrdə, xüsusilə bərpa olunan enerji mənbələri və elektrik nəqliyyat vasitələrinin artan istifadəsi ilə şəbəkə sabitliyinin təmin edilməsi mühüm çətinliklər yaradır. Süni İntellekt (Sİ) texnologiyaları, qabaqcıl diaqnostika metodları, proqnozlaşdırıcı təmir yanaşmaları və çevik cavab mexanizmləri vasitəsilə şəbəkə sabitliyinin saxlanmasına töhfə verir. Sİ-yə əsaslanan diaqnostika və təmir metodları, ağıllı şəbəkənin əsas komponentlərinin, xüsusən də batareyaların əməliyyat müddətinin və funksionallığının qorunması üçün vacibdir. Son tədqiqatlar göstərir ki, dərin öyrənmə modelləri, xüsusən də qeyri-müəyyən verilənlər şəraitində batareya ömrünü proqnozlaşdırmaq və anomaliyaları aşkar etmək kimi mürəkkəb tapşırıqları effektiv şəkildə idarə edə bilər. Bu modellər, AIOps (İT əməliyyatları üçün Süni İntellekt) və izah edilə bilən Sİ (XAI) yanaşmaları ilə birləşdirildikdə hesablamaların yükünü azaldır və dəqiqliyi artırır, onları real vaxt tətbiqləri üçün son dərəcə uyğun edir (Zhang və b., 2024, s.121243).

Sİ texnologiyaları, enerji sistemlərinin dəyişən şəraitə tez uyğunlaşmasını və eyni zamanda sabit performansını qorumasını təmin edərək sistemin fleksibilliyinin artırılmasında mühüm rol oynayır. Müasir Sİ alqoritmləri real vaxtda təklif və tələb arasında balans dinamik olaraq tənzimləyərək sistemin fleksibilliyini artırır. Bundan əlavə, Sİ texnologiyaları enerji saxlama sistemlərini (məsələn, batareyalar, suyun yüksəkliyə vurulması sistemləri və s.) optimallaşdırır, bu da bərpa olunan enerji mənbələrinin dəyişkənliyini kompensasiya etmək üçün vacibdir. Əlavə olaraq, Sİ-yə əsaslanan sistemlər şəbəkə pozulmalarını əvvəlcədən

proqnozlaşdırır və enerji təchizatının davamlılığını təmin etmək üçün vaxtında müdaxilə edərək kəsilmələrin qarşısını alır (Mokhtar, 2024, s.96515).

2.4 Bərpa Olunan Enerji Mənbələrinin Şəbəkələrə İntegrasiyası

Müasir enerji sistemlərinin davamlılığının təmin edilməsi və karbon emissiyalarının azaldılması üçün kritik bir məsələyə çevrilir. Lakin, bu enerji mənbələrinin təbiəti və dəyişkənliyi onların şəbəkələrə integrasiyasını çətinləşdirir. Xüsusilə günəş və külək enerjisi kimi bərpa olunan enerji mənbələri hava şəraitinə görə dəyişir ki, bu da enerji istehsalını qeyri-sabit edir. Bu çətinliklərin öhdəsindən gəlmək üçün süni intellekt (Sİ) texnologiyaları geniş tətbiq edilir və şəbəkə idarəçiliyinin optimallaşdırılmasında mühüm rol oynayır.

Günəş və külək kimi dəyişkən bərpa olunan enerji mənbələrinin paylanmış enerji sistemlərinə integrasiyası həm çətinliklər, həm də yeni imkanlar yaradır. Bu enerji mənbələrinin dəyişkənliyi, təklif və tələb arasındakı tarazlığı qorumaq üçün qabaqcıl idarəetmə və nəzarət mexanizmlərinin tətbiq edilməsini tələb edir (Lin və Ciou, 2024, s.101222). Sİ bu məsələdə əsas rol oynayır, çünki Sİ daha dəqiq enerji istehlakının proqnozlaşdırılmasını təmin edir və resursların cədvəlini optimallaşdırır, bu da bu mənbələrin şəbəkəyə integrasiyasını daha səmərəli edir. Bundan əlavə, Sİ mikroşəbəkələrin yaradılmasına imkan verir, hansı ki, bu mikroşəbəkələr əsas şəbəkə ilə birlikdə və ya müstəqil olaraq işləyə bilər. Belə mikroşəbəkələr dəyişkən bərpa olunan enerji mənbələrinin istifadəsini artırır, şəbəkənin davamlılığını və səmərəliliyini yüksəldir. Sİ-yə əsaslanan texnologiyalar həmçinin enerji saxlama sistemlərinin idarə edilməsini asanlaşdırır, batareyaların və digər saxlama cihazlarının istifadəsini optimallaşdırır ki, bu da bərpa olunan enerji mənbələrinin daha yaxşı istifadə edilməsini təmin edir (Chui və b., 2018, s.2869).

NƏTİCƏ

Energetika sektoru iqlim dəyişikliyi ilə mübarizə aparmaq və texnoloji irəliləyişlərə uyğunlaşmaq üçün əhəmiyyətli dəyişikliklər edir. Süni intellekt (Sİ) texnologiyaları bu dəyişikliklərdə mərkəzi rol oynayır və müasir enerji sistemlərinin idarə edilməsi üçün yenilikçi yanaşmalar təklif edir. Sİ-nin tələb proqnozlaşdırılması, enerji axını idarəçiliyi və bərpa olunan enerji mənbələrinin integrasiyasındakı rolu, enerji şəbəkələrinin səmərəliliyini, etibarlılığını və dayanıqlılığını artırmaq üçün çox vacibdir. Bərpa olunan enerji mənbələri qlobal enerji istehsalında getdikcə daha böyük rol oynadıqca, Sİ şəbəkə idarəçiliyini optimallaşdırmağa, enerji saxlama sistemlərini təkmilləşdirməyə və təklif və tələb arasındakı tarazlığı saxlamağa kömək edir. Həmçinin, Sİ-nin böyük verilənləri analiz etmək və enerji istehlak nümunələrini proqnozlaşdırmaq bacarığı, daha səmərəli qərar qəbul etməyə imkan verir və bununla da əməliyyat və iqtisadi səmərəliliyi yaxşılaşdırır. Energetika sektorunda Sİ-nin davamlı inkişafı və tətbiqi, bərpa olunan enerji mənbələrinin integrasiyası, enerji axınının optimallaşdırılması və gələcəkdə şəbəkə stabilliyinin təmin edilməsi üçün vacib olacaqdır. Nəticələr göstərir ki, Sİ, dəyişkən bərpa olunan enerji mənbələrinin integrasiyasının idarə olunması, enerji axınının optimallaşdırılması və şəbəkə dayanıqlılığının təmin edilməsi sahəsində enerji sistemlərinin uzunmüddətli uğuru üçün əvəzolunmazdır. Enerji şəbəkələrinin çevikliyi və dayanıqlılığını artırmaqla, daha davamlı bir enerji gələcəyi yaradılacaqdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Yao, S.L.; Luo, J.J.; Huang, G.; Wang, P. Distinct global warming rates tied to multiple ocean surface temperature changes. *Nat. Clim. Chang.* 2017, 7, 486. [Google Scholar] [CrossRef]
2. Voigt, C.; Lamprecht, R.E.; Marushchak, M.E.; Lind, S.E.; Novakovskiy, A.; Aurela, M.; Martikainen, P.J.; Biasi, C. Warming of subarctic tundra increases emissions of all three important greenhouse gases—carbon dioxide, methane, and nitrous oxide. *Glob. Chang. Biol.* 2017, 23, 3121–3138. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
3. Sharma, K.; Saini, L.M. Performance analysis of smart metering for smart grid: An overview. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2015, 49, 720–735. [Google Scholar] [CrossRef]
4. The Smart Meter Revolution Towards a Smarter Future; Telefonica: London, UK, 2014.
5. Malvoni, M.; De Giorgi, M.G.; Congedo, P.M. Photovoltaic forecast based on hybrid PCA–LSSVM using dimensionality reduced data. *Neurocomputing* 2016, 211, 72–83. [Google Scholar] [CrossRef]
6. Alahakoon, D.; Yu, X. Smart electricity meter data intelligence for future energy systems: A survey. *IEEE Trans. Ind. Inform.* 2016, 12, 425–436
7. Ali, S., & Choi, B. (2020). State-of-the-Art Artificial Intelligence Techniques for Distributed Smart Grids: A Review. *Electronics*, 9, 1030.
8. Bowen, J. P. (2016). Alan Turing: founder of computer science. In *School on Engineering Trustworthy Software Systems* (pp. 1-15). Cham: Springer International Publishing.
9. Szczepaniuk, H.; Szczepaniuk, E.K. Applications of Artificial Intelligence Algorithms in the Energy Sector. *Energies* 2023, 16, 347
10. Ibrahim, M.S.; Dong, W.; Yang, Q. Machine learning driven smart electric power systems: Current trends and new perspectives. *Appl. Energy* 2020, 272, 115237.
11. Singh, S.; Singh, S. Advancements and Challenges in Integrating Renewable Energy Sources Into Distribution Grid Systems: A Comprehensive Review. *J. Energy Resour. Technol.* 2024, 146, 090801.
12. Seema, P.N.; Nair, M.G. The key modules involved in the evolution of an effective instrumentation and communication network in smart grids: A review. *Smart Sci.* 2023, 11, 519–537
13. Perger, A.V.; Gamper, P.; Witzmann, R. Behavior Trees for Smart Grid Control. *IFAC-PapersOnLine* 2022, 55, 122–127.
14. Bin Kamilin, M.H.; Yamaguchi, S. Resilient Electricity Load Forecasting Network with Collective Intelligence Predictor for Smart Cities. *Electronics* 2024, 13, 718.
15. Abdullah, H.M.; Gastli, A.; Ben-Brahim, L. Reinforcement Learning Based EV Charging Management Systems-A Review. *IEEE Access* 2021, 9, 41506–41531.
16. Rabie, A.H.; Ali, S.H.; Saleh, A.I.; Ali, H.A. A new outlier rejection methodology for supporting load forecasting in smart grids based on big data. *Cluster Comput.* 2020, 23, 509–535

17. Sinha, A.; Singh, S.; Verma, H.K. AI-Driven Task Scheduling Strategy with Blockchain Integration for Edge Computing. *J. Grid Comput.* 2024, 22, 9743.
18. Zhang, X.; Zhang, Z.; Liu, Y.; Xu, Z.; Qu, X. A review of machine learning approaches for electric vehicle energy consumption modelling in urban transportation. *Renew. Energy* 2024, 234, 121243.
19. Mokhtar, B. AI-Enabled Collaborative Distributed Computing in Networked UAVs. *IEEE Access* 2024, 12, 96515–96526.
20. Lin, Y.-H.; Ciou, J.-C. A privacy-preserving distributed energy management framework based on vertical federated learning-based smart data cleaning for smart home electricity data. *Internet Things* 2024, 26, 101222.
21. Chui, K. T., Lytras, M. D., & Visvizi, A. (2018). Energy sustainability in smart cities: Artificial intelligence, smart monitoring, and optimization of energy consumption. *Energies*, 11(11), 2869.

ABSTRACT

Vüsal Abbasov

ASSESSMENT OF THE APPLICATIONS AND ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENERGY SYSTEMS

This paper explores the applications of artificial intelligence (AI) technologies in the energy sector and their impact on energy production, distribution, consumption, and demand forecasting. In recent years, AI has become a crucial tool for managing energy systems more efficiently and flexibly. Specifically, machine learning (ML) and deep learning (DL) algorithms are widely used to manage the variability of renewable energy sources and optimize energy production. The paper focuses on various application areas of AI. These include optimizing energy production, improving grid management, and accurately forecasting energy demand. AI technologies assist in balancing energy networks and managing the instability of renewable energy sources. These approaches make energy production more stable and sustainable. Furthermore, the paper discusses the role of AI in electric transportation and energy grid management. Examples such as real-time optimization of energy production and supply-demand matching through machine learning are presented. The paper emphasizes that AI will create broader application areas in the energy sector and that these technologies will further enhance energy systems in the future.

Key words: artificial intelligence, forecasting, optimization, sustainability, renewables energy

AZƏRBAYCANIN NAXÇIVAN MUXTAR RESPUBLİKASININ ÜZÜM BAĞLARINDA SÜNI İNTELLEKTİN TƏTBIQININ ELMI NƏZƏRİ ƏSASLARI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206773>

Cabbar NƏCƏFOV

Naxçıvan Dövlət Universiteti

cabbarnacafov@ndu.edu.az,

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-9343-2067>

XÜLASƏ

Süni intellekt (SI) üzümçülükdə Torpaq və Su Resurslarının İdarə Edilməsi, Xəstəlik və Zərərvericilərə qarşı mübarizədə, Məhsulun Keyfiyyətinin Təhlili və Yüksəldilməsində, Əkinin İdarə Edilməsi və Planlaşdırılmasında, İqlim Dəyişikliklərinin Monitorinqi və Təsirlərin azaldılması məqsədilə istifadə edilə bilər. Məqalədə süni intellektin üzümçülükdə tətbiqi ilə bağlı üstünlük və problemlərdən bəhs edilmişdir. Üzümçülük, digər aqrar sahələrdən fərqli olaraq, həm bioloji, həm də mühit amillərinin birgə təsiri altında inkişaf edir. Üzüm bağlarının idarə edilməsi, iqlim şəraitindən tutmuş torpaq analizlərinə qədər müxtəlif faktorları nəzərə almalıdır. Süni intellekt, bu müxtəlif amilləri integrasiya edərək daha optimal nəticələr əldə etməyə imkan verir. Lakin ortaya başqa aktual problemlər də çıxır.

Süni intellekt texnologiyaları resurslardan daha səmərəli istifadə etməyə imkan verir. Torpaq, su və digər təbii resursların idarə olunması daha effektiv olur. İqlim şəraiti, torpaq analizi və xəstəliklərin qarşısının alınması barədə daha doğru məlumatlar əldə etmək, məhsulun miqdarını və keyfiyyətini artırmağa imkan verir. İqlim şəraiti, torpaq analizi və xəstəliklərin qarşısının alınması barədə daha doğru məlumatlar əldə etmək, məhsulun miqdarını və keyfiyyətini artırmağa imkan verir. Süni intellektin istifadəsi ilə kimyəvi gübrələrin və pestisidlərin miqdarı azaldıla bilər ki, bu da ətraf mühitin qorunmasına kömək edir.

Süni intellektin səmərəli işləməsi üçün böyük miqdarda məlumatın düzgün və keyfiyyətli şəkildə toplanması vacibdir. Bu, bəzi hallarda əlavə texniki bacarıq və resurslar tələb edir.

Naxçıvan Muxtar Respublikasının üzüm bağlarında süni intellektin tətbiqi, kənd təsərrüfatının inkişafı və daha səmərəli idarə olunması baxımından böyük əhəmiyyət kəsb edir. Süni intellektin torpaq və su resurslarının idarə edilməsi, xəstəliklərin və zərərvericilərin qarşısının alınması, məhsulun keyfiyyətinin artırılması kimi sahələrdə istifadəsi, Naxçıvanın üzümçülük sahəsinin gələcək inkişafına böyük töhfə verə bilər. Lakin, bu texnologiyanın tətbiqi ilə bağlı qarşıya çıxan çətinliklər də nəzərə alınmalı və həlli üçün müvafiq tədbirlər görülməlidir.

Açar sözlər: *sensor, zondlama, robot, məhsul, süni intellekt, proqnoz, su stresi*

Giriş. Naxçıvan Muxtar Respublikası (NMR), coğrafi mövqeyi, mülayim iqlimi və zəngin təbii resursları ilə üzümçülük üçün əlverişli şəraitə malikdir. Üzümçülük, Naxçıvanın ən qədim və ənənəvi aqrar sahələrindən biri olmaqla yanaşı, regionun iqtisadiyyatında mühüm yer tutur. Lakin bu sahənin daha da inkişaf etdirilməsi, məhsuldarlığın artırılması və keyfiyyətin yüksəldilməsi üçün ənənəvi üsullar kifayət etmir. Bu məqsədlə müasir texnologiyaların,

xüsusilə süni intellektin (SI) tətbiqi mühüm əhəmiyyət daşıyır (Zhao, G., & Zhao, X. (2020)). Süni intellektin üzüm bağlarında tətbiqi yalnız məhsuldarlığı artırmaqla kifayətlənməyib, həm də ekoloji şərtlərin nəzərə alınmasına, resursların optimallaşdırılmasına və səmərəli idarəetmə sistemlərinin qurulmasına imkan verir.

Süni İntellekt və Aqrar Sektor. Süni intellekt (SI), maşınların insan kimi düşünmə, öyrənmə və qərar qəbul etmə qabiliyyətinə sahib olması ilə bağlı texnologiyalardır. Aqrar sahələrdə SI-nin tətbiqi, ənənəvi kənd təsərrüfatı metodlarından daha yüksək səmərəlilik, daha düzgün və dəqiq nəticələr əldə etməyə imkan verir. Bu sahədə SI-nin istifadə edilməsi, kənd təsərrüfatı istehsalının optimallaşdırılmasını, əkinlərin monitorinqini və daha effektiv idarə edilməsini təmin edir (Baker, R. A., & Hill, L. E. (2019)).

Üzümçülük, digər aqrar sahələrdən fərqli olaraq, həm bioloji, həm də mühit amillərinin birgə təsiri altında inkişaf edir. Üzüm bağlarının idarə edilməsi, iqlim şəraitindən tutmuş torpaq analizlərinə qədər müxtəlif faktorları nəzərə almalıdır. Süni intellekt, bu müxtəlif amilləri integrasiya edərək daha optimal nəticələr əldə etməyə imkan verir (Kumar, P., & Kumar, S. (2021)). Lakin ortaya başqa aktual problemlər də çıxır (Gómez, A., & Pérez, J. (2022)).

Metodlar. Üzümçülükdə son dövrlərdə tətbiq olunan süni intellektin ən müasir metodologiyası və aparatları istifadə olunmuşdur (Ferro, M.V.; Catania, P. 2023).

Üzümçülükdə Süni İntellektin Tətbiq Sahələri

1. Torpaq və Su Resurslarının İdarə Edilməsi

Torpaq mülkiyyəti və su resursları üzüm bağlarının inkişafında ən vacib resurslardır. Süni intellekt, torpağın keyfiyyətini və məhsuldarlığını qiymətləndirən, eləcə də suvarma proseslərini optimallaşdıran sistemlər yarada bilər. Bu sahədə istifadə edilən "İnternet of Things" (IoT) texnologiyaları ilə torpaq və hava şəraitinin real vaxtda monitorinqi mümkün olur. Məsələn, SI ilə təchiz olunmuş sensorlar və peyk məlumatları üzüm bağlarında torpağın rütubətini, pH səviyyəsini, temperaturu və digər vacib göstəriciləri izləyərək daha düzgün suvarma qrafiklərini tərtib etməyə imkan verir (Nguyen, T. D., & Kim, H. J. (2018)). Bu, resursların daha səmərəli istifadəsinə və su israfının qarşısının alınmasına kömək edir.

2. Xəstəlik və Zərərvericilərə qarşı mübarizə

Üzüm bağlarında xəstəliklər və zərərvericilər məhsuldarlığı əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər. Bu problemləri zamanında aşkar etmək və onların qarşısını almaq üçün süni intellekt əsaslı alqoritmlərdən istifadə edilə bilər. Kompüter görməsi (computer vision) və maşın öyrənməsi (machine learning) metodları ilə zərərvericilər və xəstəliklər erkən mərhələlərdə aşkar edilə bilər. Məsələn, xüsusi kameralar və dronlar vasitəsilə üzüm bağlarında bitkilərin vizual şəkilləri çəkilərək, SI modelləri bu şəkilləri təhlil edib, xəstəlik və zərərvericilərin olub-olmaması barədə məlumat verir. Bu, kənd təsərrüfatı mütəxəssislərinə vaxtında müdaxilə etməyə və kimyəvi maddələrin istifadəsini azaltmağa kömək edir (Aydın, M., & Bozkurt, E. (2020)).

3. Məhsulun Keyfiyyətinin Təhlili və Yüksəldilməsi

Süni intellekt üzüm bağlarında məhsulun keyfiyyətini qiymətləndirmək və onu optimallaşdırmaq üçün istifadə edilə bilər. Şəkil işləmə və məlumat analitikası metodları vasitəsilə üzümün keyfiyyəti, ölçüsü və sağlamlığı barədə məlumatlar toplanır. Dronlar və

peyk şəkilləri vasitəsilə üzüm bağlarının müxtəlif hissələrinin vəziyyəti təhlil edilərək, üzüm sortlarının və məhsulun ümumi keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi mümkündür. Bu cür məlumatlar, fermerlərə məhsulun toplanmasını və bazara çıxarılmasını daha düzgün planlaşdırmağa imkan verir (Jensen, D., & Lund, C. (2019)).

4. Əkinin İdarə Edilməsi və Planlaşdırılması

Üzümçülükdə əkinin planlaşdırılması və idarə edilməsi çox vacibdir. Süni intellekt əsasında qurulmuş sistemlər, əkin sahələrinin təhlilini apararaq ən yaxşı əkin dövrlərini müəyyənləşdirə bilər. Bu sistemlər, həmçinin torpaq növünü, mikroiqlim şəraitini və digər ekoloji faktorları nəzərə alaraq, hansı üzüm sortunun harada yetişdirilməsinin daha uyğun olduğunu göstərə bilər. Həmçinin, bu cür sistemlər vasitəsilə əkin sahələrinin səmərəliliyi artırılaraq, daha yüksək məhsuldarlıq əldə edilə bilər (Alonso, A., & Sánchez, P. (2018)).

5. İqlim Dəyişikliklərinin Monitorinqi və Təsirlərin Azaldılması

İqlim dəyişikliyi kənd təsərrüfatı sahələrini, xüsusilə üzümçülük kimi daha həssas sahələri təsir edir. İqlim dəyişikliklərinin üzümçülük üzərindəki təsirlərini əvvəlcədən proqnozlaşdırmaq və uyğun tədbirlər görmək məqsədilə süni intellektdən istifadə edilə bilər. Meteoroloji məlumatlar və peyk şəkilləri əsasında süni intellekt alqoritmləri, gələcəkdəki hava şəraitini proqnozlaşdıraraq, üzümçülərə risklərin azalmasına yönəlmiş qabaqalayıcı tədbirlər görməyə imkan verir (<http://aqro.qov.az>, <http://vinograd.info.ru>).

Eksperimental hissə

Üzüm bağlarında yüksək texnologiyanın tətbiqi. Üzümçülükdə yeni texnologiyalar çoxdan tətbiq edilir. Bununla belə, son nailiyyətlər avtomatlaşdırmanın istehsalçılara üzüm məhsulunun keyfiyyətini təmin etməkdə necə kömək edə biləcəyini göstərdi. Bu yeniliklər bütün dünyada istehsalçılara daha məlumatlı və vaxtında qərarlar qəbul etməyə və üzüm bağlarında aqrotexniki işləri yerinə yetirmək üçün tələb olunan əl əməyini azaltmağa imkan verir.

Ağıllı üzüm bağları. Ağıllı idarəetmə sistemləri tarlalarda quraşdırılmış cihazlardan toplanan məlumat və hesabatlardan istifadə edərək üzüm bağlarında əməliyyatları optimallaşdırır. Hava şəraitindən tutmuş torpaqdakı suyun miqdarına qədər hər şeyi idarə edə bilirlər.



Şəkil 1. Slopehelper avtonom avtomobili,

SmartVineyard (Şəkil 1) dəqiq sensorlar vasitəsilə üzüm bağının mikroiqlimini təhlil edərək üzüm xəstəliklərini proqnozlaşdırır. Bu, məhsul itkisini, pestisidlərin istifadəsini və üzüm bağlarındakı işləri azalda bilər. Terraview platforması (Şəkil 2) şaxta və quraqlıq kimi problemləri həll etmək üçün üzüm bağlarını əvvəlcədən hava məlumatları ilə təmin edir. O, həmçinin məhsuldarlığı təxmin edə və karbon emissiyalarını izləyə bilər.



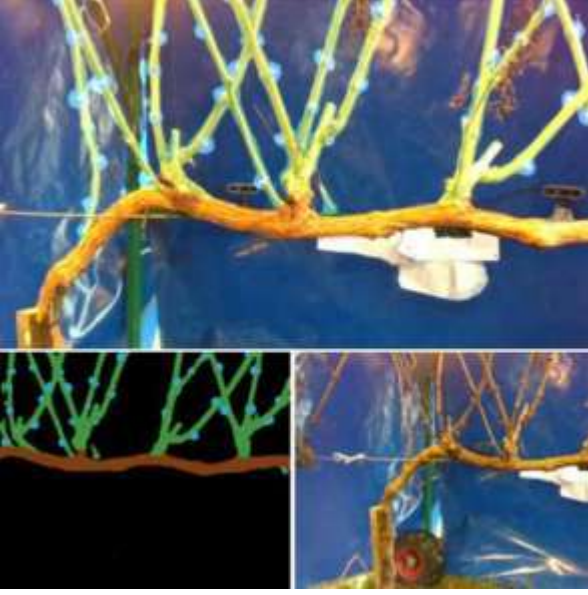
Şəkil 2. Terraview platforması

Üzüm bağlarının monitorinqini aparan zaman, uzaqdan zondlama texnologiyasından istifadə edərək gilənin yetişmə fazalarını, xəstəliklərə sirayətlənmə vəziyyətlərini, torpağın drenajını və məhsulun keyfiyyətini illər üzrə qiymətləndirə bilərik.

Kompleks robotlar. Bir vaxtlar daha ucuz, kütləvi istehsal olunan məhsulların istehsalı ilə əlaqəli olan robotlar və maşınlar indi keyfiyyətli üzümün istehsalına kömək edir. İlk dəfə 2017-ci ildə sınaqdan keçirilmiş Ted robotu, herbisidlərə olan ehtiyacı azalda bilən xüsusi yerlərdə əlaq otlarını məhv etmək üçün nəzərdə tutulmuşdu. Nisbətən yüngüldür, ona görə də torpağı bərkitmir. Avtonom elektrik avtomobili olan Slopehelper daha da irəli gedir. Üzüm bağlarında ot biçmə, malçlama, çiləmə və yarpaqların qoparılması kimi bir sıra əməliyyatları yerinə yetirə bilər. Slopehelper həmçinin TeroAir sistemi ilə inteqrasiya oluna bilər, o, avtomobillə uzaqdan əlaqə saxlaya, ön kameradan video yayımlaya və bortda olan meteostansiya vasitəsilə hava şəraitinə nəzarət edə bilər.

Hərəkətin izlənməsi və məlumatların təhlili üzrə mütəxəssis ORME, Vinalie Co-op Winery ilə əməkdaşlıqda müxtəlif formalarda üzüm tənəklərinin budamasını idarə edə bilən R2T2 budama robotunu (Şəkil 3) inkişaf etdirir - bu əməliyyat əvvəllər yalnız insanlar üçün mümkün idi.

Bu iddialı tədqiqat layihəsi üzümçülərin işinin əmək intensivliyini azaltmaq və üzüm bağlarının rəqabət qabiliyyətini artırmaq üçün üzüm tənəklərinin budaması üçün robot hazırlamaq məqsədi daşıyır. Həqiqətən də üzümçülükdə budama əsas əməliyyat olmaqla yanaşı, eyni zamanda təkrarlanmasına, budayıcıların ixtisasına və tələb etdiyi çətin hava şəraitinə görə ən çətin əməliyyatdır. Digər tərəfdən nəzərə almaq lazımdır ki, kənd təsərrüfatına maraq azdır, işçi qüvvəsi də çatışmır.



Şəkil 3. Tənək budayan robot R2T2

Su stresini yoxlamaq üçün sensorlardan istifadə. Ştambda və zoğdada suyun təzyiqinin təsirindən istifadə edərək üzüm koluna yüklərin ölçülməsi çox vaxt aparır, lakin torpağın su potensialından və torpağın sorma qüvvəsindən istifadə edən yeni yanaşma yetişdiricilərə çoxlu dəyərli məlumatlar təqdim edə bilər.

Üzümlükdə 30, 60 və 90 sm dərinliklərdə ucuz torpaq sorma sensorlarından istifadə, bitki yetişdiricilərinə güclü kolların torpaqdan su çıxarmaq üçün necə işlədiyi barədə kolun su potensialını ölçmək üçündür. Stresli suvarma təcrübələrini istiqamətləndirmək üçün, bitkinin su çatışmazlığında vəziyyətinin qiymətləndirməsi üçün daha effektiv üsul təqdim edir: **torpağın nəmlik gradientlərinin üzüm tənəklərinə necə təsir etməsi ilə bağlı proqnozlaşdırıcı əlaqələri tapmağa kömək edir.**



SmartVineyard sistemi torpaqdan su çəkmək üçün üzüm tənəklərinin nə qədər güclü işləməli olduğunu izləmək üçün Irro-meter tərəfindən hazırlanmış üç Su nişanı sensorundan istifadə edir.

Telemetriyada irəliləyişlər o deməkdir ki, sensorlardan daha çox məlumat daha az avadanlıqla daha böyük üzüm bağları arasında əlaqələndirilə bilər. 20 sm-dən 120 sm-ə qədər altı dərinlikdə hər 15 dəqiqədən bir avtomatik qeydlər aparılır və suvarma cədvəllərini təyin edə bilməsi üçün avtomatik idarəetmə mərkəzinə ötürülür ki, bitkilərin zamanla torpağın müxtəlif dərinliklərindən su sormasına nəzarət olunur.



Robotlar üzümçülüyn modernləşdirilməsi vasitəsi kimi. Bu robotlar avtonom şəkildə işləyir və ərazidəki hər bir üzüm kolunun fizioloji vəziyyəti haqqında məlumat toplamaq üçün kompüter görmə qabiliyyətindən istifadə edərək üzüm bağlarında hərəkət edə bilər. Topladığı məlumatları üzümçülükdə bu yaxınlarda kəşf edilmiş qabaqcıl texnologiyalarla birləşdirərək, seleksiyaçılara və yetişdiricilərə real vaxt rejimində üzüm bağlarının sağlamlığını qiymətləndirməyə imkan vermək üçün üzüm, yarpaq, göz, zoğ, vizual qiymətləndirmədən kimyəvi analizə qədər PPB-ni təkmilləşdirirlər (PhytoPatholoBots).



Genetik və texnoloji yeniliklərini bitki patologiyası, ot texnikasını birləşdirərək birbaşa üzüm bağlarına tətbiq etməklə, demək olar ki, bütün üzüm sortları üçün bu ilə becərilən, demək olar ki, bütün dünya üzümçüləri son 140 ildə öz xəstəliklərini aşkar etmək üçün görüntüləmə spektroskopiyasından istifadə üzrə ixtisaslaşan Gold, VitisGen layihəsi tərəfindən seçilmiş yeni üzüm sortları xəstəliklərə nəzarət proqramlarını sahədə sınaqdan keçirir.

Spektroskopiya maddənin işıq və digər elektromaqnit şüaları ilə qarşılıqlı təsirini, müxtəlif spektral xüsusiyyətlər yaradan müxtəlif növ maddələrlə qarşılıqlı təsirini ölçür. Ənənəvi kameralar görünən (RGB) işıq spektri daxilində spektral xüsusiyyətləri ölçür, insan gözü üçün görə biləcəyindən yeddi dəfə daha çox elektromaqnit şüalanma diapazonunu əhatə edən məlumatları ölçə bilər.

PPB layihəsi VitisGen2 üzərində iş zamanı, minlərlə yeni tingin qiymətləndirilməsi üzrə laboratoriya prosesini sürətləndirmək üçün rəqəmsal təsvirdən istifadə etməyə kömək etdikdən sonra, üzümlərdə mildiyu və oidium patogenlərini aşkar etmək və kəmiyyətini müəyyən etmək üçün süni intellekt əsasında modellər hazırladıqdan sonra formalaşdı. Süni intellektin insanlara görə xəstəlikləri müəyyən etməkdə daha dəqiq olduğunu aşkar etdi.

Süni İntellektin Tətbiqinin Üstünlükləri və Çətinlikləri

Üstünlüklər:

1. **Səmərəlilik və Resurs İstifadəsinin Optimallaşdırılması** – Süni intellekt texnologiyaları resurslardan daha səmərəli istifadə etməyə imkan verir. Torpaq, su və digər təbii resursların idarə olunması daha effektiv olur.
2. **Məhsuldarlığın Artırılması** – İqlim şəraiti, torpaq analizi və xəstəliklərin qarşısının alınması barədə daha doğru məlumatlar əldə etmək, məhsulun miqdarını və keyfiyyətini artırmağa imkan verir.
3. **Ətraf Mühitin Qorunması** – Süni intellektin istifadəsi ilə kimyəvi gübrələrin və pestisidlərin miqdarı azaldıla bilər ki, bu da ətraf mühitin qorunmasına kömək edir.

Çətinliklər:

1. **Texnologiyanın Yüksək Qiyməti** – Süni intellektin tətbiqi ilkin mərhələdə yüksək investisiya tələb edir, bu da kiçik və orta sahibkarlar üçün çətinliklər yarada bilər.
2. **Məlumatların Toplanması və Təhlili** – Süni intellektin səmərəli işləməsi üçün böyük miqdarda məlumatın düzgün və keyfiyyətli şəkildə toplanması vacibdir. Bu, bəzi hallarda əlavə texniki bacarıq və resurslar tələb edir.
3. **Məşğulluq Problemləri** – Müasir texnologiyaların tətbiqi, bəzi əkinçilərin işini avtomatlaşdırır, bu da iş yerlərinin azalmasına səbəb ola bilər.

Nəticə. Naxçıvan Muxtar Respublikasının üzüm bağlarında süni intellektin tətbiqi, kənd təsərrüfatının inkişafı və daha səmərəli idarə olunması baxımından böyük əhəmiyyət kəsb edir. Süni intellektin torpaq və su resurslarının idarə edilməsi, xəstəliklərin və zərərvericilərin qarşısının alınması, məhsulun keyfiyyətinin artırılması kimi sahələrdə istifadəsi, Naxçıvanın üzümçülük sahəsinin gələcək inkişafına böyük töhfə verə bilər. Lakin, bu texnologiyanın tətbiqi ilə bağlı qarşıya çıxan çətinliklər də nəzərə alınmalı və həlli üçün müvafiq tədbirlər görülməlidir. Bu baxımdan, süni intellektin tətbiqi üzümçülükdə məhsuldarlığı artırmaq və ekoloji təmiz istehsalın təmin edilməsi məqsədilə mühüm bir vasitə olaraq qalır.

ƏDƏBİYYAT

1. **Baker, R. A., & Hill, L. E. (2019).** *Artificial Intelligence in Agriculture: Current Applications and Future Prospects.* Journal of Agricultural Technology, 24(4), 569-585.
2. **Zhao, G., & Zhao, X. (2020).** *Artificial Intelligence for Precision Agriculture: Machine Learning Applications in Crop Management and Disease Prediction.* Springer Nature.
3. **Kumar, P., & Kumar, S. (2021).** *Smart Farming with Artificial Intelligence: Current and Future Trends.* Springer.

4. **Nguyen, T. D., & Kim, H. J. (2018).** *Precision Agriculture Using Artificial Intelligence and Internet of Things*. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 9(6), 211-218.
5. **Khan, F., & Bashir, M. (2021).** *Application of AI and IoT in Agriculture: A Review*. Journal of Agricultural Informatics, 12(1), 1-12.
6. **Gómez, A., & Pérez, J. (2022).** *AI for Sustainable Agriculture: Challenges and Solutions*. Environmental Sustainability in Agriculture, 45(3), 381-394.
7. **Jensen, D., & Lund, C. (2019).** *Machine Learning in Precision Viticulture: Enhancing Grape Quality and Yield*. Viticulture and Enology Journal, 41(2), 88-102.
8. **Aydın, M., & Bozkurt, E. (2020).** *Artificial Intelligence in Grapevine Disease Management: An Approach for Precision Agriculture*. International Journal of Agricultural Engineering, 31(4), 567-578.
9. **Alonso, A., & Sánchez, P. (2018).** *Technological Innovations in Winegrowing: AI Solutions for Improving Grape Quality*. Journal of Wine Research, 29(1), 50-67.
10. <http://aqro.gov.az>
11. <http://vinograd.info.ru>

ABSTRACT

Jabbar Najafov

SCIENTIFIC AND THEORETICAL FOUNDATIONS OF THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE VINEYARDS OF THE NAKHCHIVAN AUTONOMOUS REPUBLIC OF AZERBAIJAN

Artificial Intelligence (AI) can be used in viticulture for the management of soil and water resources, disease and pest control, crop quality analysis and improvement, crop management and planning, climate change monitoring and mitigation. The article discusses the advantages and problems associated with the application of artificial intelligence in viticulture. Unlike other agricultural sectors, viticulture develops under the combined influence of both biological and environmental factors. Vineyard management must take into account various factors, from climatic conditions to soil analysis. Artificial intelligence allows for more optimal results by integrating these various factors. However, other pressing problems also arise.

Artificial intelligence technologies allow for more efficient use of resources. Management of soil, water and other natural resources becomes more effective. Obtaining more accurate information about climatic conditions, soil analysis and disease prevention allows for increasing the quantity and quality of the product. Obtaining more accurate information about climatic conditions, soil analysis and disease prevention allows you to increase the quantity and quality of the product. The use of artificial intelligence can reduce the amount of chemical fertilizers and pesticides, which helps protect the environment.

The use of artificial intelligence in areas such as soil and water resource management, disease and pest prevention, and improving product quality can make a great contribution to the future development of the viticulture sector of Nakhchivan. However, the difficulties encountered in the application of this technology should also be taken into account and appropriate measures should be taken to solve them.

Keywords: sensor, sensing, robot, product, artificial intelligence, forecast, water stress

**НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА В ВИНОГРАДНИКАХ НАХИЧЕВАНСКОЙ АВТОНОМНОЙ
РЕСПУБЛИКИ АЗЕРБАЙДЖАНА**

Искусственный интеллект (ИИ) может использоваться в виноградарстве для управления почвенными и водными ресурсами, борьбы с болезнями и вредителями, анализа и улучшения качества урожая, управления и планирования урожая, мониторинга и смягчения последствий изменения климата. В статье рассматриваются преимущества и проблемы, связанные с применением искусственного интеллекта в виноградарстве. В отличие от других отраслей сельского хозяйства, виноградарство развивается под совокупным влиянием как биологических, так и экологических факторов. Управление виноградниками должно учитывать различные факторы, от климатических условий до анализа почвы. Искусственный интеллект позволяет добиться более оптимальных результатов за счет интеграции этих различных факторов. Однако возникают и другие насущные проблемы.

Технологии искусственного интеллекта позволяют более эффективно использовать ресурсы. Управление почвой, водой и другими природными ресурсами становится более эффективным. Получение более точной информации о климатических условиях, анализ почвы и профилактика заболеваний позволяет увеличить количество и качество продукта.

Применение искусственного интеллекта на виноградниках Нахчыванской Автономной Республики имеет большое значение с точки зрения развития и более эффективного управления сельским хозяйством. Использование искусственного интеллекта в таких областях, как управление почвенными и водными ресурсами, профилактика болезней и вредителей, а также повышение качества продукции, может внести большой вклад в будущее развитие виноградарского сектора Нахчывана. Однако следует также учитывать трудности, возникающие при применении этой технологии, и принимать соответствующие меры для их решения.

Ключевые слова: датчик, зондирование, робот, продукт, искусственный интеллект, прогноз, дефицит воды

DEEP LEARNING

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206796>

Durmuş Özdemir

durmus.ozdemir@dpu.edu.tr

Kütahya Dumlupınar University

Ajdarova Nazli

nazzaur002@gmail.com

Nakhchivan State University

ABSTRACT

Deep learning is a branch of artificial intelligence that focuses on extracting high – level abstractions from data using multi – layer neural networks. This field involves powerful algorithms that perform tasks such as data mining, classification, and prediction.

Deep learning mainly covers the following aspects:

- 1. Neural Networks and Structure: The most commonly used model in deep learning is multilayer neural networks. Each layer consists of a number of “neurons” that receive information and send it to the next layer for processing at a higher level. This allows the model to better analyze complex data.*
- 2. Activation Functions and Backpropagation: In deep learning models, activation functions determine the output of the network. This function allows the model to learn more complex patterns by non – linearly transforming the data. Backpropagation is used to calculate and correct model errors, allowing the network to produce more accurate results.*
- 3. Self – Learning and Supervised Learning: Deep learning uses both unsupervised learning and supervised learning. In self – learning, the model tries to find relationships between data, while in supervised learning, the model is given the opportunity to learn from labeled data.*
- 4. Application Areas: Deep learning is widely used in various fields, especially in areas such as image recognition, natural language processing (NLP), voice recognition, medical diagnosis, and self – driving cars. These technologies have developed very rapidly in recent years due to the availability of big data and powerful computing resources.*
- 5. Challenges and Solutions: Deep learning models require big data and powerful computing resources. At the same time, problems such as overfitting (due to very complex models with good performance on training data, but poor results on new data) and optimization of network layers of the model are encountered. Various techniques such as regularization, dropout and transfer learning approaches are used to solve these problems.*
- 6. Transfer Learning: Transfer learning, a method used to apply knowledge from existing models to new, different problems, is particularly important when dealing with limited data or computing power.*

As a result, the field of deep learning is rapidly evolving thanks to big data, powerful computing devices, and improved algorithms. This technology can be applied to even more areas in the future and will allow solving more complex problems.

keywords: *Deep learning models, powerful computing resources, improved algorithms, self-learning, supervised learning*

1. Key Features of Deep Learning

Neural Networks deep learning works mainly with neural networks. Neural networks are based on the principle of how neurons in the human brain work. These networks use different layers to analyze data and draw conclusions. Each layer receives data, processes it and sends it to the next layer. Multi – Layered Structure (Deep Architecture) the main characteristic of deep learning is the concept of “depth”. This is the use of multi-layered networks. Each layer analyzes the given data at a higher level. For example, in an image recognition problem, the first layer recognizes basic contours and image areas, while the last layer recognizes more complex features (for example, analysis of a specific object). Self – Learning and Self – Management: Deep learning systems can learn by themselves, often on unlabeled data. This method is called “self – learning”. In addition, networks can be trained using labels applied to data (supervised learning).

Activation Functions in neural networks, activation functions are functions that modify the model's output and make it behave in a non – linear fashion. These functions help to analyze data in a more complex way. Backpropagation is a technique used to calculate the error of the model and correct it by propagating it back through all the layers of the network. This helps to obtain more accurate results in the learning process of the model.

2. Application Areas of Deep Learning

Deep learning is used in various fields and some important application areas are:

Image Recognition: Deep learning is widely used to recognize image and video data. For example, models that recognize and classify objects on the image are applied. Natural Language Processing (NLP): Used for tasks such as deep learning, text parsing, translation, understanding voice commands. Tools like Google Translate and voice assistants are examples of this. Medical Diagnosis: Deep learning models are used to analyze medical images (such as X-rays and MRI images) and detect diseases. Automotive Industry: Deep learning is widely used in self-driving cars for environment analysis and decision making. Voice Recognition: Voice assistants on phones and various automatic voice commands are powered by deep learning.

3. Challenges and Solutions

Data and Computing Power Requirements: Deep learning models require very large data and powerful computing resources (especially GPUs). This also makes training the models very time-consuming.

Overfitting: Overfitting can occur if a model over fits the data and fails to fit new data. To overcome this problem, regular tests, correct data sets and regularization methods are used.

Interpretation and Clarity: Because deep learning models are so complex, it is sometimes difficult to understand and explain how they work. This can be especially problematic in critical areas such as medicine and law.

4. Future Prospects

Deep learning technologies are developing rapidly and will be applied in more fields in the future. Developments in this area will lead to wider applications, especially in natural language processing, image and voice recognition, as well as various automated decision-making systems. Deep learning is revolutionizing many areas to make human life easier and more productive. **Deep Learning** is a subset of machine learning that focuses on algorithms inspired by the structure and function of the human brain, known as artificial neural networks. These algorithms are particularly well-suited to tasks like image recognition, natural language processing, and speech recognition, where traditional machine learning techniques might struggle.

Here's a breakdown of the key concepts in deep learning:

1. Neural Networks

- At the heart of deep learning is the **neural network**, which consists of layers of nodes (also called neurons). Each node is a mathematical function that processes input data.
- These networks are typically organized into **input layers, hidden layers, and output layers**.
- Each neuron in a layer receives inputs, processes them using weights and biases, and passes the result through an activation function to the next layer.

2. Deep Neural Networks (DNNs)

- When neural networks have many layers between the input and output layers, they are called **deep neural networks**. This depth allows the network to learn complex patterns in data.

- DNNs are powerful for tasks such as image classification (e.g., distinguishing between dogs and cats) or speech recognition.

3. Training Deep Learning Models

- Training a deep learning model typically involves using large datasets and powerful computational resources.
- The process of training includes adjusting the weights and biases of the network to minimize the error in predictions, a process known as **backpropagation**.
- **Gradient descent** is often used to optimize the model's parameters by minimizing a loss function.

4. Types of Deep Learning Networks

- **Convolutional Neural Networks (CNNs)**: Primarily used for image processing and computer vision tasks like object detection and image classification. They are designed to automatically and adaptively learn spatial hierarchies of features.
- **Recurrent Neural Networks (RNNs)**: Best suited for sequence data like time series, speech, or natural language processing. They have connections that form cycles, allowing information to persist.
- **Generative Adversarial Networks (GANs)**: Composed of two neural networks (a generator and a discriminator) that compete with each other, GANs are used to generate new data that is similar to a given training set (e.g., generating realistic images or art).
- **Transformers**: A newer architecture, widely used for natural language processing tasks (like GPT-3). They handle sequential data better by using attention mechanisms, allowing them to focus on relevant parts of the input.

5. Activation Functions

- Activation functions are used to introduce non-linearity into the model, helping it learn complex patterns. Common activation functions include:
 - **ReLU (Rectified Linear Unit)**: Often used in hidden layers.

- **Sigmoid:** Used for binary classification problems.
- **Softmax:** Used for multi-class classification.

6. Overfitting and Underfitting

- **Overfitting** occurs when a model learns the training data too well, including noise or irrelevant patterns, which makes it less effective at generalizing to new data.
- **Underfitting** occurs when the model is too simple to capture the underlying patterns in the data.

7. Applications of Deep Learning

- **Image Recognition:** Identifying objects, people, or other elements in images.
- **Natural Language Processing (NLP):** Tasks like sentiment analysis, machine translation, and chatbots.
- **Speech Recognition:** Converting spoken language into text.
- **Autonomous Vehicles:** Using deep learning for image and sensor data processing to navigate roads.
- **Healthcare:** Diagnosing diseases, detecting medical images, drug discovery, etc.

8. Tools and Frameworks

- Popular deep learning libraries and frameworks include:
 - **TensorFlow** (by Google)
 - **PyTorch** (by Facebook)
 - **Keras** (high-level API running on top of TensorFlow)
 - **MXNet** (by Apache)

9. Challenges in Deep Learning

- **Data Requirements:** Deep learning models typically need vast amounts of labeled data to train effectively.
- **Computational Power:** Training deep learning models often requires significant computational resources, including GPUs and TPUs.

- **Interpretability:** Deep learning models are often seen as "black boxes" because understanding why a model makes a specific decision can be difficult.

In summary, deep learning represents a major advancement in artificial intelligence, enabling machines to perform tasks that were previously considered difficult or impossible. Its power comes from the ability to learn directly from large amounts of unstructured data, allowing for the automation of complex decision-making processes across various fields.

LITERATURE LIST

1. **Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016).** *Deep Learning*. MIT Press.
2. **Nielsen, M. (2015).** *Neural Networks and Deep Learning*. Determination Press.
3. **Shanmugamani, R. (2018).** *Deep Learning for Computer Vision*. Packt Publishing.
4. **Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., ... & Bengio, Y. (2014).** *Generative Adversarial Nets*. Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS).
5. **He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2015).** *Delving Deep into Rectifiers: Surpassing Human-Level*
6. **Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., et al. (2017).** *Attention is All You Need*. Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS).

TROP SISTEMINDƏ METAFORA VƏ METAFORLAŞMA

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206817>

Vüsalə Hümbətova

vusalagumbatova1981@gmail.com

Gəncə Dövlət Universitetinin doktorantı

Azərbaycan Texnologiya Universiteti

Elmi rəhbər: prof. Kazımov İsmayıl Balas oğlu

Xülasə

Metafora və metaforlaşma trop sistemində mühüm yerlərdən birini tutur. Bədii ədəbiyyatda bədii ifadə vasitəsi kimi üslubi məqamlar yaradır. Məqalədə metaforanın gizli müqayisə olduğu əsaslandırılır. Digər bir tərəfdən bir trop növü kimi bu hadisənin kommunikativ yükü müəyyən edilir. Metaforlaşma prosesinin dilin leksik-semantik sistemində nüfuzu, təsnifatı imkanları nəzərdən keçirilir. Dil vahidləri və baş verən hadisələr fikir yaradıcılığına təsir edir və yeni mənaların formalaşmasına şərait yaradır. Bu baxımdan mühüm trop vasitəsi olan metafor və metaforlaşma fikir, düşüncə prosesidir, dünyanı əhatə edir və qarşılıqlı təsirlər yaradır. Metaforaların və metaforlaşma prosesinin yeni məna çalarlığında işləklilik əldə etməsi ifadələrin tipologiyasından asılı olmayaraq hər bir dildə çoxmənalılıq qazanmasını bir daha sübut edir. Bir sözün dominant mənasından əmələ gələn semlər, əsas etibarilə, metaforikləşmə yolu ilə formalaşır. Məhz metaforikləşmə polisemantik dil vahidlərinin yaranmasında başlıca faktora çevrilir. Buna görə də dilin leksik-semantik sistemində metaforikləşmənin rolunu ayrıca öyrənmək bizim tədqiqatın qarşısında duran mühüm məsələlərdəndir. Metaforlaşma bənzər cəhətlərin ümumiliyinə əsasən gerçəkliyin bir-birilə bağlı olan predmetin birinin adının digər oxşar əşyanın üzərinə köçürülməsidir. Açar sözlər: trop vasitəsi, metafora, metaforlaşma, məcaz, mənənin köçürülməsi.

Tədqiq edilən, hər iki dildə çoxmənalı dil vahidlərinin yaranması daha çox metaforlaşma (məcazlaşma) hadisəsi ilə sıx olaraq əlaqədardır. Hər hansı bir sözün dominant (əsas) mənasından əmələ gələn yeni semlər, əsas etibarilə, metaforlaşma yolu ilə mümkündür. Məhz metaforlaşma (məcazlaşma) polisemantik dil vahidlərinin yaranmasında başlıca faktora çevrilir. Buna görə də, dilin leksik-semantik sistemində olduğu kimi, trop sistemində də metaforikləşmənin rolunu ayrıca öyrənmək bizim tədqiqatın qarşısında duran mühüm məsələlərdəndir.

Bundan başqa müxtəlif dillərin metaforalarını anlamaq üçün suni intellekt maşınlarından və alətlərindən istifadə etmək mümkündür. Suni intellektlə filologiya sahələrinin əlaqəsində isə dilin işlənməsi və mənənin təhlili mühüm rol oynayır. Metafora,

dilin ifadə vasitəsi kimi, həm filologiyada, həm də suni intellekt sahəsində mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Ümumilikdə, metaforalar mətnlərə həm mənəvi, həm də emosional dərinlik qazandırır. Bundan başqa suni intellektin fəlsəfi aspektində də metafora anlayışı xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Metaforalar dilin ifadə zəngliliyini və təsir gücünü artıran vacib ünsürlərdir, lakin onların təhlili və anlaşması həm insanlar, həm də maşınlar üçün cətinlik yaradır. Son illərdə inkişaf edən suni intellekt modelləri, xüsusilə GPT kimi sistemlər metaforaların təhlilində daha təsirli və güclü imkanlar təqdim etmişdir. Suni intellektin gəlişimi, gələcəkdə metafor analizində daha önəmli bir rol oynayacaqdır. Bu isə dilçilik sahəsində tədqiqatların dərinləşməsinə, suni intellekt sistemlərində isə dilin zənginliyinin daha yaxşı anlaşılmasına səbəb olur. Suni intellektin dilçilikdə, xüsusilə də metaforaların təhlilində həm nəzəri, həm də praktiki baxımdan əhəmiyyəti böyükdür.

Metaforaların inkişaf etdirilməsi üçün suni intellekt bir necə fərqli üsul vasitəsilə tətbiq olunur. Məsələn, suni intellektdən metaforik təsəvvürlərin formalaşdırılması, dil modellərinin metaforları anlama qabiliyyəti, metafora növlərinin müəyyənləşdirilməsi, hədəf auditoriyaya uyğunluq, metafora uyğunluğu və neyro -linguistic proqramlaşdırma kimi müxtəlif yollarla istifadə edilir. Suni intellekt bu vasitələrlə metaforaların inkişafına töhvə verir.

“Məcaz çoxluluqların yaranmaı, törənmə texnologiyası belədir ki müqayisə və əlaqə ləndirilə bilən predmetlər, onların adlandırma və təsviri versiyaları bir məfhum və söz sahəsində birləşir, nitq gerçəkliyində təkrar-təkrar qaynayıb-qarışır, çarpazlaşır. Prosesi ən sadə şəkildə belə təsvir etmək olar ki, dil işarələri və ya predmet və hadisələrin oxşarlığı əsasında bir-birinin üzərinə köçürülür, dəyişdirilir, ya da real məntiqi əlaqələr əsasında birləşir.” (Abdullayev Sərxan. Qeyri-səlis dilçilik təcrübəsi) (Abdullayev 2013, s.59)

Metaforaya əslində, sadəcə olaraq, bir dil-üslub hadisəsi kimi də yanaşmaq düzgün sayıla bilməz. Metafora adköcürmə (məna köcürmə) yaxud addəyişmədir. Bunlar əslinə qalanda müəyyən anlayışlardır. Bu anlayışlar vasitəsilə bizə elə gəlir ki, fərqli energetik qüvvə ortaya çıxır. Adam anlayışı, dərinədə olan mənanı təkrar etməyə vadar edilir. Adam fikirləşir və mühakimə yürüdüür, bədii və publisistik üslub və metaforlaşma prosesi bu düşüncə sonunda formalaşır.

Metaforlaşma və onun dərk olunmasında reallığın əşya, hadisə və obyektlərin zahiri və daxili bənzərliyi dayanır. Bu prosesi dolayı nitq növü sayanlarda vardır. Guya, bu ifadələr mənasızdır.

Dilin bədii və publisistik üslubunda metaforik sistem təsvir olunur. Eyni zamanda izahlı lüğətlərdə bu sistem yeni mənalara göstərməklə təsvir edilir.

Tədqiqatların fikrincə metaforalar “canlı” və “genetik” olur. Canlı metafora, məsələn tülkü- hiyləgər adam, genetik metafora «qayığın burnu», Mifoloji düşüncə. Müxtəlif tədqiqatlar vardır ki, T.Əfəndiyeva trop sistemində məcazlaşmanı- metaforlaşmanı mürəkkəb bir hadisə hesab edir. “O yazır ki, bir əşyanın adı digərinin üzərinə müxtəlif xarakterli əlaqələr nəticəsində keçə bilər. Bu cəhət isə artıq məcazın rəngarəng formalara malik olduğunu göstərir. Onun yaranması təfəkkürün müxtəlif əşya və hadisələr arasında mşvcud olan qarşılıqlı əlaqələri dərk etmə bacarığı ilə bağlı bir hadisədir. Dil üçün bu, olduqca əlverişli bir hadisədir. Çünki varlığın əşya və hadisələri dildə olan söz ehtiyatından qat-qat artıqdır. Metaforik məcazlaşma nəticəsində əmələ gələn mənalara isə həmin

obyektlərin adı kimi işlənə bilər. Trop sistemində metaforikləşmə prosesi dildə ayrı-ayrı sözlərin məcazlaşması ilə kəfəqətlənmir. Adətən, leksik vahidlərlə yanaşı, dilimizdə məcazi xarakterli mürəkkəb, yaxud morfoloji-sintaktik birləşmələr də əmələ gəlir" (Əfəndiyeva 1973, s. 76)

H. Həsənov yazır ki, " metaforlaşma oxşar əlamətlərin ümumiliyinə görə gercəkliyin bir-biri ilə əlaqədar olan əşyalardan birinin adının digər oxşar əşyanın adına köçürülməsidir. Trop sistemində metaforlaşma forma, rəng, daxili keyfiyyət oxşarlığı, zaman və məkana, ifadə olunan funksiyaya, əhatə olunma sahəsinə və s. əsasən ola bilər. Demək, metaforlaşma real gercəklikdəki təsəvvürləri ifadəli etmək, təsirliliyi və bədiiliyi artırmaq məqsədilə əmələ gəlir. Metaforada köçürülmə xüsusiyyəti qabarıqlaşır" (Həsənov 1978, 21 s)

A. Bəylərova metaforadan mənənin köçürülməsi başlığı altında danışır. "Məcaz trop növlərindən biri metaforadır. Bu, əşya və hadisənin daxili və xarici bənzərliyinə, habelə əlamətin oxşarlığına əsaslanan mənə köçürülməsidir" (Bəylərova 2026 ,s 46).

A. Qənbərov metafora haqqında ayrıca dissertasiya yazıb: Onun nöqtəyi nəzərcə, metaforlaşma tarixi semantik proses olub daim inkişafda və dəyişmədədir. Trop sistemində metaforlaşma söz və ifadələrin yeni mənə qazanmasına, semantik daralmasına, genişlənməsinə və dildə simvollaşmaga yol açır" (Qənbərov 1987, s 24)

F. Osmanovanın Azərbaycan dilinin materialları əsasında yazdığı fəlsəfə doktoru dissertasiyasında metaforikləşmənin dilin lüğət tərkibini zənginləşdirən faktor kimi araşdırıb. Müəllif yazır: Trop sistemi və məcazlaşma prosesinin tədqiqinin əhəmiyyəti böyükdür ona görə ki dillə düşüncənin münasibəti bu önəmi artırır" (Osmanova 2014, s 3)

ƏDƏBİYYAT

1. Abdullayev, S. Qeyri-səlis dilçilik təcrübəsi / S. Abdullayev, -Bakı, -2013, -595 s.
2. Əfəndiyeva, T. Azərbaycan dilinin bədii ifadə vasitələri / T. Əfəndiyeva, –Bakı: Elm, -1973, s.-76
3. Həsənov, H. Ə. Azərbaycan dilinin semasiologiyası / H. Ə. Həsənov, -Bakı: ADU nəşri, -1978, -241c.
4. Bəylərova, A. Müasir Azərbaycan dili. II. Leksikologiya / A. Bəylərova, -Bakı: "Zərdabi Nəşr" MMC, -2022, s.476 s.
5. Osmanova, F. Metaforikləşmə dilin lüğət tərkibini zənginləşdirən amil kimi (Azərbaycan dilinin materialları əsasında): / Filologiya üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın aftoreferatı / -Bakı, 2014,-30 s.
6. Ганбаров, А. Метафора в современное Азербайджанском языке: /Автореферат диссертация на соискание ученой степени кандидат филологических наук / -Баку, 1987. -24 с.

Summary

Metaphor and metaphorization occupy an important place in the trope system. They create stylistic moments in fiction as a means of artistic expression. The article substantiates that metaphor is a hidden comparison. On the other hand, the communicative load of this

phenomenon as a type of trope is determined. The influence of the metaphorization process on the lexical-semantic system of the language and the possibilities of classification are considered. Language units and events that occur affect the creativity of thought and create conditions for the formation of new meanings. In this regard, metaphor and metaphorization, which are important trope tools, are a process of thought, thinking, covering the world and creating mutual effects. The fact that metaphors and the metaphorization process gain functionality in a new shade of meaning once again proves that every language, regardless of the typology of expressions, gains polysemy. Sems formed from the dominant meaning of a word are mainly formed through metaphorization. It is precisely metaphorization that becomes the main factor in the creation of polysemantic language units. Therefore, studying the role of metaphorization in the lexical-semantic system of the language separately is one of the important issues facing our research. Metaphor is the transfer of the name of one object of reality to another similar object, which is related to each other based on the commonality of similar features

Keywords: trope means, metaphor, metaphorization, metaphor, transfer of meaning.

Резюме

Метафора и метафоризация занимают важное место в системе тропов. Он создает стилистические моменты как средство художественного выражения в художественной литературе. В статье утверждается, что метафора — это скрытое сравнение. С другой стороны, коммуникативная нагрузка данного события определяется как своего рода троп. Рассматривается влияние процесса метафоризации на лексико-семантическую систему языка и ее классификационные возможности. Языковые единицы и события влияют на творческое мышление и создают условия для формирования новых смыслов. В этом отношении метафора и метафоризация, которые являются важными тропами, представляют собой процесс мышления и размышления, охватывающий мир и создающий взаимные эффекты. Тот факт, что метафоры и процесс метафоризации обретают функциональность в новом диапазоне значений, еще раз доказывает, что выражения приобретают полисемию в каждом языке, независимо от его типологии. Семантика, вытекающая из доминирующего значения слова, формируется в основном посредством метафоризации. Именно метафоризация становится основным фактором создания многозначных языковых единиц. Поэтому изучение роли метафоризации в лексико-семантической системе языка в отдельности является одной из важных задач нашего исследования. Метафора — это перенос названия одного объекта действительности на другой сходный объект, которые связаны между собой на основе общности сходных признаков.

Ключевые слова: троп, метафора, метафоризация, фигура речи, перенос смысла.

ƏDƏBİYYATDA RƏQƏMSAL TƏKAMÜL: SÜNİ İNTELLEKTİN POETİK KODLARI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206840>

Sərvanə DAĞTUMAS

servane.ferecova.1999@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0002-2193-2045>

ədəbiyyatşünas

Xülasə

Texnologiyanın ədəbi şüura təsiri və ədəbiyyatın texnoloji transformasiyası yaradıcı proseslərə təsirsiz ötüşmür. Süni intellektin ədəbi təkamülü istiqaməti üzrə bir sıra tədqiqatlar aparılmış, ancaq problem ətraflı şəkildə akademik səviyyədə tədqiq olunmamışdır. Süni intellektin “müəllif” funksiyasını yerinə yetirməsi əsərin orijinallığı və ədəbi dəyəri haqqındakı mövcud təsəvvürləri “dağıdır”. Buna görə də texnoloji alətlərin yaradıcı ola bilmə çərçivələri və insan yaradıcılığının sərhədlərini müəyyən etmək üçün araşdırmaya ciddi ehtiyac var. Etik qaydaların qorunması və orijinallığın təhlili məsələləri hələ də aktualdır. Ədəbi əsər insan amili olmadan necə yaranır və dəyəri hansı aspektdən ölçülür? Məqalədə süni intellektin mətn istehsalında rolu müəyyən edilmiş, yeni ədəbi janrların ortaya çıxması və texnologiyanın ədəbiyyatın gələcək taleyinə gətirdiyi yeniliklər tədqiq olunmuşdur. Süni zəka ilə yaradıcı yazırlıq arasındakı əlaqələr də araşdırılıb. Məqalədə əsas diqqət süni intellektlə orijinal yaradıcılığın kəsişməsi, rəqəmsal humanizm, (orijinal potensialın mühafizəsi) hibrid formaların meydana gəlməsi, ədəbi dünyanın pozulan qanunları və bədii mətnlərin ədəbiyyatın “gömrüyündən” keçməsinə yönəlmişdir.

Açar sözlər: ədəbiyyat, süni intellekt, orijinal mətn, ədəbi dəyər, rəqəmsal humanizm

1. Texnoloji inkişafın estetikası və yeni sərhədləri: mətn və maşın

Rəqəmsal ədəbiyyat alətləri ədəbiyyatşünaslıqda əhəmiyyətli yer tutur. Bu istiqamət üzrə tədqiqat apararkən, Korpus linqvistikası, rəqəmsal analiz və interaktiv ədəbiyyat diqqətə alınmalıdır. Korpus linqvistikasında böyük mətnlər təhlil olunur, həmin mətnlərin strukturu öyrənilir. Biz bu şəkildə əsərləri təhlil edəndə müəlliflərin dil və üslub xüsusiyyətlərini müqayisə edirik.

Mətnlərin təhlilində iki qol aparıcıdır: sentiment (psixoloji təhlil) və stilometrik. Mətnin emosional vəziyyətinin (müsbət/mənfi) və oxucuya təsir gücünün müəyyən olunması mətnin sentiment təhlili (mətnin “daxili”) adlanır. Bu təhlil tipinə müştəri rəyləri, sosial media paylaşımları və ictimai təsir daxildir. (TextBlob, Vader, NLTK) Yazının üslubu, quruluşu və müqayisəsi, (cümlənin uzunluğu, tavlologiya) mətnin orijinal yoxsa plagiat olmasının tədqiq olunması və müəllifi mübahisəli hesab olunan əsərlərin müəyyən olunması stilometrik təhlil (mətnin “xarici”) adlanır. (Jstylo, Signature Stylistics) Sentiment təhlil oxucu təcrübəsində, stilometrik təhlil ədəbi tədqiqatlarda istifadə olunur.

Ənənəvi kitablar yerini rəqəmsal (elektron) kitablara verir, oxucu üçün kitablar əlçatan olur. Nəticədə ədəbiyyat coğrafi və fiziki sərhədləri aşır, kitablar dinamik şəkildə yayılmağa başlayır, elektron

ədəbiyyat və qlobal ədəbiyyat anlayışları meydana gəlir. Kindle, iPad və s. proqramları nümunə kimi qeyd edə bilərik. Bundan başqa, rəqəmsal kitabları daşımaq rahatdır, qiymət münasibdir, dəyişiklik etmək mümkündür. (ölçünü tənzimləmək, söz axtarmaq və s.)

Podkast və audiokitabların yaranması da ədəbiyyata bir sıra yeniliklər qazandırır: mütaliə zamanının məhdud olması səbəbilə kitabları səsli şəkildə dinləmək mümkün olur, görmə əngəlli oxucular ədəbiyyat dünyasına rahatlıqla daxil ola bilirlər. Audiokitabların üstünlükləri nələrdir? Multitasking, (başqa işləri görərkən paralel olaraq kitab dinləmək) əlçatanlıq, səsli oxu ilə əsərin atmosferinə düşmək və dinləyicidə dərin hisslər oyatmaq. Texnologiyanın gətirdiyi bu rəngarənglik ədəbiyyatın üfqlərini genişləndirir.

Ədəbiyyatla texnologiya arasındakı münasibət daha geniş kütləyə çatır, “maşın” ədəbiyyata yeni nəfəs gətirir və yeni hibrid formalar yaranır. Ədəbiyyatın hibrid formaları sırasında ən populyar yeri film və teatr tutur. Bədii əsərlərin əsasında film çəkilir, əsərlər səhnələşdirilir. Süni intellekt bu sahəyə də yansayıb. Məsələn, 2016-cı ildə süni zəkanın rejissoru olduğu “Günəş baharı” qısametrajlı film ekranlara qonaq oldu.

Hibrid formalardan biri də blokçeyndir. (blockchain) Blokçeyn texnologiyası bədii əsərlərin yazıçıları tərəfindən nəzarətə götürülməsi, müəllif hüquqlarının qorunması, əqli mülkiyyət hüququnda müəyyən qaydaların tənzimlənməsi və plagiat hallarının qarşısının alınması kimi bir sıra məsələləri həll edir. Bu zaman əsərlərin yayılması şəffah və təhlükəsiz olur. Yazıçı birbaşa mətni oxucuya təqdim edə bilir, müəlliflə yanaşı, redaktorlar, nəşirlər də bir araya gəlir. Blokçeyn müzakirə və gələcək inkişaf üçün yaxşı fürsət yaradır. Məsələn, Larva Labsın “Kriptopunklar layihəsi”, (“The cryptopunks project”) “Mərkəzsiz ərazi” (“Decentraland”) blokçeyn əsasında yaradılmış rəqəmsal sənət əsərləri və virtual aləmdir.

Rəqəmsal təkamül ədəbiyyatın da dünyasını dəyişdirir, yazıçı ilə oxucu arasında kontakt asanlıqla qurulur. Sosial mediada yazılan əsərlər geniş oxucu auditoriyası qazanır. Bu inkişaf ədəbiyyata yeni terminlər qazandırır: twitter poeziyası, instagram şeirləri, facebook aforizmləri, (azərbaycanlı müəllif Rəşad Məcidin “Qələmsiz yazılanlar” kitabı) tiktok şairləri, rəqəmsal mühitdə aşqlar, meyxana sənəti, atalar sözləri.

Twitter poeziyasının ən məşhur nümayəndəsi hind kökənli, kanadalı şair Rupı Kaurdur. Onun şeirləri twitterdə populyarlıq qazandı. Kaur feminist ruhda yazılmış “Süd və bal” kitabının müəllifidir. Kitab bəzi ölkələrdə qadağan olunub, çünki qadının psixoloji və cinsi zorakılığına həsr olunmuş əsərdir. Məsələn,

Mən küçə əti deyiləm, evdə hazırlanmış mürəbbəyəm

Mən polis sirenləri deyiləm

Mən otel otağı deyiləm evdəyəm

Mən sənə istədiyini viski deyiləm

Mən sizə lazım olan suyam

Bura gözləntilərlə gəlməyin

Və məndən tətillənməyə çalışın. [Kaur, R., 2015, s.97].

Instagram şeirləri deyəndə ən bariz nümunə kimi Attikus poeziyasının adını çəkə bilərik. Attikus həvəskar şairdir və “Onun vəhşiliyini sevin” şeirlər kitabının müəllifidir. Instagram üzərindən fəaliyyət göstərən şairin paylaşdığı şeirlər qısa və lakonik olur, fotosəkillə bərabər paylaşılır. Şeirlər gənc nəsilə dərin və emosional təsir yaradır. Məsələn, "Biz bizi quran və sındıranların hamısından yaradılmışıq", "Onu gözəl edən onun xaosu idi", "Depressiya rəng korluğudur və daim dünyanın nə qədər rəngli olduğunu izah edir".

[Atticus, 2017, https://www.goodreads.com/author/quotes/15589448.Atticus_Poetry]

Bəzən hansısa yazıçının fikri, müəhibəsi sosial mediada müzakirə yaradır. Məsələn, azərbaycanlı şair Şəhriyar del Geraninin “Müasir dövrdə qadın şairə yoxdur” fikri, azərbaycanlı filosof-yazıçı Əlisa Nicatın azərbaycanlı şairlərimiz Nizami Gəncəvi və Səməd Vurğun haqqında müəhibəsi və həmin müəhibəyə Qəşəm Nəcəfzadə, Fərid Hüseyn kimi yerli müəlliflərin reaksiyası diqqət çəkmişdi. Azərbaycanlı nəşir Şahbaz Xuduoğlunun paylaşımaları da ölkədə müzakirə yaratmaq gücünə sahibdir. Belə olan halda, ədəbiyyat sosial funksiyasını icra edir və tanınır.

2. Süni intellekt və ədəbi dəyərlər: gələcəyin oxucusu və yazıçısı

Texnoloji yardım sayəsində yazıçı rəqəmsal alətlər və resursları sahib olur və bu sənət təkmilləşdirilir. Sənətin inkişafı ilə oxucunun düşüncələri genişlənir. Bununla belə süni zəkanın yaratdığı mətnlərə oxuyanda oradakı müəyyən boşluqlar nəzərə çarpır. Görünür, süni intellekt bu boşluğu doldurmaq gücünə sahib deyil. Süni intellekt nə qədər inkişaf etsə də ədəbiyyat sahəsində rəqib olma ehtimalı azdır, çünki onun “ürəyi” yoxdur və bu rolu yerinə yetirə bilməz.

Süni intellekt yaradıcı yazarlıq prosesində də iştirak edir və əsərlər üzərində hakimiyyət “qazanır”. Yaradıcı adam zamanı qabaqlayıb irəlini görür, ancaq bu həm xoşbəxtlik, həm də bədbəxtlikdir. Niyə bədbəxtlikdir? Çünki insan ölçü və standartlardan kənara çıxır, sistem də formalaşmadığı üçün dəyər mexanizmi işə düşmür. Yaradıcı yazarlıq sənəti müəllifin mətnə yaradıcı yanaşması və spesifik üslubuna əsaslanır, ilhamın və vəcdin rolunu inkar edir. Bu sənət oxucunu öz dünyasına qaytarır və fikir mübadiləsinə “dəvət edir”. Mətn yazılarkən ilham, təbiət, həyat təcrübələri və kitabların təsiri əhəmiyyətlidir, lakin orijinal yazarlıq ilhamı qəbul etmir və “yazıçı blokları”nı aradan qaldırmağı hədəf seçir. Yaradıcı yazarlığın fikrincə, mətn davamlı məşqlərin və motivasiyanın məhsuludur. Azərbaycan ədəbiyyatında bu sahə ilə məşğul olan mütəxəssis ədəbiyyatşünas Ramil Əhməddir.

Süni intellekt həm yaradır, həm də araşdırır. Hal-hazırda süni zəka “süni müəllif” rolunu da oynamağı bacarır. Texnologiyanın bu “yardımı” yazılı ədəbiyyata yenilik gətirir. Bu texnoloji yeniliklər sırasında yeni ədəbi janrlar, hibrid formalar, fərdi və qeyri-adi mətnlər də yer alır. Texnoloji ədəbiyyat bizə fərqli təcrübələr yaşadır və mətnlərin adları da özünəməxsusluğu ilə maraq oyadır. Bəs robot yazıçıya çevrilə bilərmi?

Data şairi və kreativ texnoloq Ross Qudvinin “Yolun birinci hissəsi” əsəri-avtomobillərdən əldə olunmuş məlumatlar sayəsində yazılıb. Kompüter alimi yaponiyalı Hitoşi Matsubaranın “Bir gün kompüter bir roman yazacaq” romanı da maraqlı nümunədir.

Elektron ədəbiyyatın müəllifi Maykl Coysun “Günortadan sonra bir hekayə” əsəri hipermətn fantastikasının ilk nümunələrindən biridir. Əsər avtomobil qəzasının şahidi olan və bu yaxınlarda

boşanmış qəhrəmandan bəhs edir. Onun fikrincə, qəzada keçmiş həyat yoldaşının “əli” var. Əsəri hər dəfə oxuduqca süjet xətti dəyişir və hər seçim yeni bir mətnə aparır.

Amerika yazıçısı və rəssamı, eksperimental əsərləri ilə tanınan Şelli Ceksonun “Yamaqlı qız” və ya “Müasir canavar” romanı kiberfeminizmə həsr olunub. Amerikalı fantastik əsərlərin müəllifi Mark Danielewskinin debüt romanı- “Yarpaq evi” əsəri də bu qəbildəndir. Data alimi Remekah Consun “Sonsuz kitabxana” əsəri oxucunun fərdi seçimləri və mətnə verdiyi reaksiyalara əsaslanan romandır.

Süni intellekt yazıçının üslubunu, əsərlərdə təkrarlanan motivləri müəyyən edir, əsərin oxucunun yaddaşında (zehni ilə yanaşı bədən yaddaşında da) buraxdığı izləri, bədii mətnlərin dövr üçün nə dərəcədə aktual olması və zamanla ayaqlaşmasını araşdırır, mətni mühitə uyğun dəyərləndirir. (tarixi və sosial kontekst) Süni intellekt mətnlərin formalaşması üçün mövzu və ideya da təklif edir.

Hipermətnlərdə (interaktiv ədəbiyyat) süni intellektin rolu danılmazdır. Bu cür mətnlər oxucuya bədii mətni idarəetmə imkanı verir və oxucunun aktiv rol oynadığı bir sistem yaradır. Oxucular mətnləri öz istəklərinə uyğun yaradır və interaktivliyi təmin edirlər. Hipermətnlər ədəbiyyat üçün texnoloji inqilabdır və oxucu-yazıçı münasibətlərinin yenidən necə tənzimlənməsinə əsaslanır. Süni intellekt oxucuya ünvanlanmış mətnlər yaradaraq, onun seçimlərinə və tələblərinə cavab verir, məlumatları paralel şəkildə təqdim edir. Bu nöqteyi-nəzərdən oxucu ədəbiyyatın zəngin və şaxələnmiş bir elm olduğunu daha çox dərk edir.

Virtual dünya ədəbiyyatın fəlsəfi-sosial aspektlərinə də təsir edir. Rəqəmsal və dijital humanizm anlayışı meydana gəlir. Rəqəmsal humanizm texnoloji vasitələrin insan təcrübəsinin təkamülünə əsaslanır. Dijital humanizmin məqsədi oxucuları insan-maşın kəsişməsində yeni mənalar axtarmağa imkan yaratmaq, insani dəyərləri mühafizə etməkdir. Burada etik və mənəvi məqamlar nəzərə alınır, insan təcrübəsi texnologiya ilə integrasiya edir. Rəqəmsal humanizm insanın inkişafına və texnologiyadan pragmatik şəkildə istifadəsinə, virtual alətlərin mənfi təsirlərini minimuma endirməyə kömək edir. Dijital humanizm rəqəmsal ədəbiyyatın fəlsəfi aspektlərini təşkil edir. Məsələn, Yuval Noah Hararinin “Sapiens: Bəşəriyyətin qısa tarixi” kitabı rəqəmsal humanizmin əsas prinsiplərini ifadə edir. Nikolas Karrın “Dayazlar: internet beynimizə nə edir?” kitabı da dijital humanizmi araşdırır. Karrın fikrincə, onlayn oxumaq çap olunmuş kitabı oxumaqdan daha az qavrayışa səbəb olur, yəni oxucu mətni kitab şəklində canlı oxuyanda daha çox dərk edir.

Nəticə

Rəqəmsal ədəbi alətlərdən istifadə, elektron ədəbiyyatın inkişafı, sosial mediada nəzm və nəsrin fərqli nümunələrinin yayılması, podcast və audiokitabların yaranması süni intellektin müsbət mənada təsir gücünü ifadə edir. Həmçinin, rəqəmsal humanizmin inkişafı da maraqlı yenilikdir.

Maraqlıdır, orijinal yazarlığa texnologiyanın nüfuz etməsi, insan və maşın düşüncəsinin sintezi, süni müəllif anlayışı və etik-əxlaqi prinsiplərin pozulması ədəbiyyatın inkişafına nə dərəcədə xidmət edir? Texnologiyanın yaratdığı mətnlər nə dərəcədə etikdir? Əsər əslində kimə məxsusdur və müəllif hüquqları necə qorunub saxlanılacaq? Əsər ədəbi dünyada necə qəbul olunur və “qeyri-qanuni” mətn hesab olunmurmu? Bəs həmin əsərlərin sonrakı taleyi? İnsanın və maşının ədəbi münasibətləri gələcəkdə hansı çərçivədə inkişaf edəcək? Bu məsələlər artıq fəlsəfi-hüquqi müstəvidə dəyərləndirilməlidir.

Ədəbiyyatın rəqəmsal dönüşümü ədəbiyyatın təbiətinin sorgulanmasına yol açır. Bu hadisəni atasız dünyaya gələn övladlarla kobud formada da olsa müqayisə etmək olar. Bədii mətnlərin taleyi

atasız və bioloji qanunlardan kənar üsullarla doğulan uşaqların taleyindən çox da fərqlənmir. Burada da ədəbi qanunlardan kənar bir “məhsul” yaranır. Bəs “ədəbi pasport”da müəllifin adının önündə kim qeyd olunacaq? Fikrimizcə, süni intellektin ədəbiyyata təsirinin “qırmızı xətt”i, çərçivəsi olmalıdır. Əks halda, yazıçının funksiyası, rolu tamamilə sıradan çıxacaq, insan amili getdikcə məhdudlaşacaq. Beləliklə, insan əməyinə ehtiyac duyulmayacaq.

Digər bir məsələ odur ki, maşının “ürəyi” yoxdur, sadəcə mətndə poetik “izi” var. Yazıçının qələminin mürəkkəbi onun ürəyinin qanıdır, onun göz yaşlarından axıb gələn mürəkkəbdir. Hiss və duyğulara yer verilməyən bədii mətn oxucunun həyatına nə dərəcədə dəyər qatacaq, onu necə tərbiyələndirəcək? Bu kimi suallar hələ də açıq qalır.

ƏDƏBİYYAT

1. Atticus. (2017). Love Her Wild. Quotes. URL: https://www.goodreads.com/author/quotes/15589448.Atticus_Poetry (Müraciət tarixi: 10.03.2025)
2. Bolter, J.D. & Joyce, M. (1999). Hypertext and Creative Writing. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/317426.317431> (Müraciət tarixi: 11.03.2025)
3. Carr, N. (2010). The Shallows: What the Internet Is Doing to Our Brains. URL: <https://www.modernreformation.org/resources/articles/the-shallows-what-the-internet-is-doing-to-our-brains-by-nicholas-carr> (Müraciət tarixi: 10.03.2025)
4. Əhməd R. (2022). Yaradıcı yazarlıq nədir? URL: <https://www.youtube.com/watch?v=xZHZI019Hzo> (Müraciət tarixi: 11.03.2025)
5. Kaur, R. (2015). Milk and honey. Kansas: Andrews McMeel Publishing.
6. Məcid, R. (2018). Qələmsiz yazılanlar URL:
7. <https://525.az/news/114235-qelemsiz-yazilanlar-resad-mecidin-facebook-statuslarindan-secmeler> (Müraciət tarixi: 11.03.2025)

SUMMARY

Servane Dagtumas

DIGITAL EVOLUTION IN LITERATURE: POETIC CODES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The impact of technology on literary consciousness and the technological transformation of literature cannot be ignored in terms of creative processes. A number of studies have been conducted on the direction of literary evolution of artificial intelligence, but the problem has not been studied in detail at the academic level. The fact that artificial intelligence performs the function of “author” “destroys” existing ideas about the originality and literary value of the work. Therefore, there is a serious need for research to determine the frameworks within which technological tools can be creative and the boundaries of human creativity. The issues of protecting ethical rules and analyzing originality are still relevant. How does a literary work arise without the human factor and from what aspect is its value measured? The article determines the role of artificial intelligence in text production, examines the emergence of new literary genres and the innovations that technology brings to the future fate of literature. The relationship between artificial

intelligence and creative writing is also examined. The article focuses on the intersection of artificial intelligence and original creativity, digital humanism, the emergence of hybrid forms (preserving original potential), the breaking laws of the literary world, and the passage of literary texts through the “customs” of literature.

Keywords: *literature, artificial intelligence, original text, literary value, digital humanism*

РЕЗЮМЕ

Серване Дагтумас

ЦИФРОВАЯ ЭВОЛЮЦИЯ В ЛИТЕРАТУРЕ: ПОЭТИЧЕСКИЕ КОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Влияние технологий на литературное сознание и технологическую трансформацию литературы нельзя игнорировать с точки зрения творческих процессов. Был проведен ряд исследований по направлению литературной эволюции искусственного интеллекта, но проблема не была детально изучена на академическом уровне. Тот факт, что искусственный интеллект выполняет функцию «автора», «разрушает» существующие представления об оригинальности и литературной ценности произведения. Поэтому существует серьезная потребность в исследованиях для определения рамок, в которых технологические инструменты могут быть креативными, и границ человеческого творчества. Вопросы защиты этических правил и анализа оригинальности по-прежнему актуальны. Как возникает литературное произведение без человеческого фактора и с какой стороны измеряется его ценность? В статье определяется роль искусственного интеллекта в производстве текста, рассматривается возникновение новых литературных жанров и инновации, которые технологии приносят в будущую судьбу литературы. Также рассматривается связь между искусственным интеллектом и творческим письмом. В статье основное внимание уделяется пересечению искусственного интеллекта и оригинального творчества, цифровому гуманизму, появлению гибридных форм (сохраняющих оригинальный потенциал), нарушению законов литературного мира и прохождению литературных текстов через «таможни» литературы. Ключевые слова: литература, искусственный интеллект, оригинальный текст, литературная ценность, цифровой гуманизм.

Ключевые слова: *литература, искусственный интеллект, оригинальный текст, литературная ценность, цифровой гуманизм.*

ЗАДАЧА СОСТАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ УСЛУГИ С УЧЕТОМ ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ КЛИЕНТОВ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206852>

Ройал Ширинов

royal.shirinov@asoiu.edu.az

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленность

Аннотация. Данная научная статья посвящена решению актуальной задачи формирования комплексных услуг в условиях сильной конкуренции на рынке. Основной целью исследования является разработка эффективного метода индивидуализации услуг с использованием протокола оказания услуг, матрицы типовых услуг и нечеткой логики. Каждая стандартная услуга оценивается по полезности для целевого состояния, стоимости и уровню влияния на эмоциональные предпочтения клиента. С использованием разработанного протокола создается матрица стандартных услуг, включая как обязательные, так и дополнительные услуги. Альтернативные услуги предлагают вариативность, при этом минимум одна из них должна быть включена в общую услугу. После того, как обязательные услуги исключены, оставшийся бюджет может быть пополнен дополнительными услугами, каждая из которых может быть включена в комплексную услугу не более одного раза. Исследование показывает, что предложенная система позволяет формировать оптимизированные комплексные услуги, максимизируя их полезность для клиента при соблюдении бюджетных ограничений. Разработанный подход открывает перспективы для его практического применения в сфере предоставления услуг с учетом индивидуальных особенностей каждого клиента.

Ключевые слова: Услуги, эмоциональные предпочтения, индивидуализация услуг, нечеткая логика, оптимизация, индивидуальные особенности клиента.

Введение.

В современной экономике, где конкуренция на рынке услуг достигла высокого уровня, организации стремятся предоставлять индивидуализированные услуги, которые удовлетворяют уникальные потребности клиентов. В этом контексте становится критически важным разработать систему формирования комплексных услуг, учитывающую не только целевое состояние клиента, но и его эмоциональные предпочтения. Данная статья посвящена решению этой актуальной задачи с использованием научного подхода. Задача формирования комплексной услуги для каждого клиента представляет собой сложную задачу, которая требует учета множества параметров, включая целевое состояние клиента, стоимость предоставляемых услуг и, что особенно важно, эмоциональные предпочтения клиента. Эмоциональные аспекты становятся ключевыми факторами, влияющими на восприятие клиентом оказываемых услуг, и, следовательно, необходимо разработать систему, способную учесть их влияние на формирование комплексных услуг. Главное — это то, сколько услуг может быть использовано клиентом в соответствии с бюджетом. В ходе статьи рассмотрены основные шаги метода и продемонстрирована его эффективность на практике (Клишевская, 2020; Шевченко, 2023).

Во многих исследованиях акцент сделан на решении проблемы информационного перегруза, предоставляемого электронно-коммерческими предприятиями, путем разработки интеллектуальной системы рекомендаций. Учитывая огромное количество товаров, доступных в Интернете, рекомендация всех категорий в одной системе является непрактичной. Мы отстаиваем создание персонализированных систем рекомендаций, адаптированных к уникальным характеристикам конкретных типов продуктов, с целью создания профессиональных систем рекомендаций для различных товаров. В данной статье представлена система на основе нечеткой логики для потребительской электроники, использующая текущие потребности потребителя, полученные из взаимодействия с системой пользователем, для подбора оптимальных продуктов. Экспериментальные результаты подтверждают осуществимость и эффективность предложенной системы.

Актуальность задачи заключается в решении проблем предоставления персонализированных и эффективных услуг в условиях высокой конкуренции на рынке. Исследование направлено на разработку эффективного метода индивидуализации услуг, включающего протокол оказания услуг, матрицу стандартных услуг и нечеткую логику. Этот подход не только учитывает целевое состояние клиента, но также принимает во внимание его эмоциональные предпочтения. Исследование демонстрирует, что предложенная система позволяет создавать оптимизированные комплексные услуги, максимизируя полезность для клиента в рамках бюджетных ограничений. Полученные результаты предполагают практическое применение в отраслях услуг, учитывая уникальные особенности каждого клиента.

Цель исследования заключается в разработке эффективного метода индивидуализации услуг с использованием протокола обслуживания, матрицы стандартных услуг и нечеткой логики для решения проблем предоставления персонализированных и эмоционально адаптированных услуг в условиях конкурентного рынка. Исследование направлено на демонстрацию практической применимости разработанной системы в отраслях услуг, создавая оптимизированные комплексные услуги, максимизируя полезность для клиента в рамках бюджетных ограничений.

Математическая Постановка Задачи.

Ограничение расходов на комплексные услуги

$$\sum_{j=1}^L q_j \sum_{i=1}^L x_{ij}^k \leq Q_k$$

Сложность алгоритма решения в целом и также за работу в этом исследовании: $O(n * k) + O(n^2 * k^2) = O(n^2 * k^2)$

Реализация и результаты. Авторы в (Гардашова & Гусейнли, 2017, с. 52–56) обсуждают результаты сравнительного исследования нечетких импликаций в задачах нечеткой идентификации и синтеза управления робототехническими системами, функционирующими в условиях неопределенности. Авторы выявляют оптимальные импликации для логического вывода и представляют базу знаний для алгоритмов нечетких импликаций в интеллектуальном роботе. Кроме того, в работе

рассматривается проблема определения оптимальной точки зрения для адекватности импликации.

Системой нечеткого логического вывода (Голосовский et al., 2018, с. 19–29; Леденева & Татаркин, 2007, с. 12–19) было воспользовано для определения нечетких множеств. В данном случае лингвистическими переменными были "эмоциональные предпочтения" и "полезность рейтинги." Были созданы нечёткие множества для этих переменных. Для "эмоциональных предпочтений" были созданы множества, такие как "раздражение," "дискомфорт," "равнодушие," "удовольствие" и "радость." Для "утилитарных рейтингов" множества были определены как "низкий," "средний" и "высокий." На рисунке ниже были показаны эти множества.

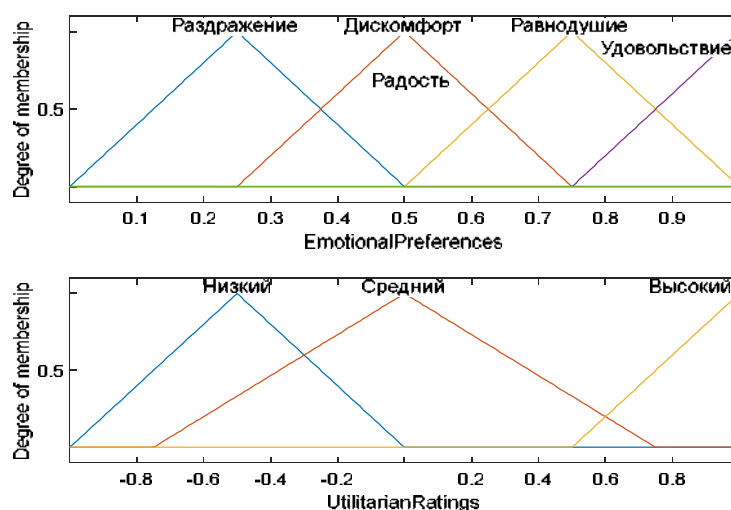


Рис 1: Нечеткие множества в этом исследовании

Фаззификация. Четкие входные данные, представленные эмоциональными предпочтениями и утилитарными рейтингами, были трансформированы в нечеткие значения, их степени принадлежности к соответствующим нечетким множествам были определены (Zadeh, 2014; Zadeh, 2004, с. 16–18). Для достижения этой цели были использованы функции принадлежности с целью отражения связи каждого входного параметра с соответствующим нечетким множеством. В контексте фаззификации, функции принадлежности были применены для преобразования четких входных данных, таких как эмоциональные предпочтения и утилитарные рейтинги, в нечеткие значения, которые отражают степени принадлежности к соответствующим нечетким множествам (Бобков & Розалиев, 2011; Лобатый & Аль-Машхадани, 2013, с. 28–32). Процесс фаззификации состоит из одних и тех же этапов но отличается типами нечетких множеств (Aliev, 2013; Gardashova, 2014, с. 4; Zadeh & Aliev, 2018).

В исследовании (Aliev & Gardashova, 2020, с. 10–21) проблемы реальной жизни, связанные с правилами Если-То, проявляют бимодальную природу в их предшествующих и последующих частях, охватывая как вероятностную, так и нечеткую неопределенность, которые были рассмотрены независимо в существующей литературе. В то время как существуют нечеткие методы рассуждения и методы вероятностного приближенного рассуждения, обрабатывающие нечеткую и вероятностную неопределенность соответственно, возникает необходимость разработки нового подхода, который интегрирует оба аспекта для приближенного

рассуждения с правилами Если-То на основе бимодальной информации. В данной статье предлагается новый метод приближенного рассуждения, специально использующий правила на основе множества Z. Обсуждение иллюстрируется числовым примером, включающим семь правил на основе множества Z для применения приближенного рассуждения.

Система на основе Правил. Были созданы нечеткие правила, описывающие воздействие нечетких входов (эмоциональных предпочтений, утилитарных рейтингов) на состав сложной услуги. Правила могли быть сформулированы, например, в следующем формате: "В случае, если эмоциональное предпочтение характеризуется как 'радость' и утилитарный рейтинг определен как 'высокий', услуга включается в состав сложной услуги."

% Определение нечетких правил

```
rules = [
```

```
    5 3 3 1; % Если эмоциональное предпочтение - 'радость' и утилитарный  
рейтинг - 'высокий', то включить услугу в состав сложной услуги.
```

```
    % Добавьте другие правила по аналогии...
```

```
];
```

% Добавление правил в нечеткую логическую систему

```
emotionalPreferences = addrule(emotionalPreferences, rules);
```

Механизм Вывода. Механизм вывода был реализован для применения нечетких правил. В данном механизме использовалась нечеткая логика для объединения нечетких входов и получения нечетких выводов. Для вычисления степени удовлетворения каждого правила были использованы нечеткие операторы (И, ИЛИ).

Дефаззификация была осуществлена с целью преобразования нечеткого вывода, представленного как сложная услуга (обозначаемая как X^k), обратно в четкие значения (0 или 1). Для достижения этой цели применялись методы дефаззификации, такие как центроид или максимальное принадежность (membership)

Целевая функция была изменена так, чтобы принимать нечеткие значения. Вместо работы с четкими значениями целевая функция теперь взаимодействовала с нечеткими уровнями удовлетворения или полезности.

Был проведен анализ влияния нечеткой сложной услуги на общую полезность или удовлетворение клиента (удовлетворенность клиентов услугами в соответствии с особенностями и бюджетом). Для модификации целевой функции с целью взаимодействия с нечеткими значениями была проведена интеграция нечеткой сложной услуги и оценки полезности. В ходе оценки нечеткой логической системы нечеткие выводы были агрегированы, после чего результат был подвергнут дефаззификации. Затем четкая оценка полезности была интегрирована с комплексной нечеткой услугой, применяя оператор минимума (min) для определения того, как сложная нечеткая услуга влияла на общую полезность или удовлетворенность клиента (Cao & Li, 2007, с. 230–240).

Этап формулирования эмоциональных предпочтений клиентов с применением нечеткой логики представляет собой важную часть исследования. Нечеткая логика является ключевым инструментом для ясного и понятного выражения эмоциональных аспектов предпочтений каждого клиента. Полученные данные впоследствии внедряются в оптимизационную задачу, где происходит решение по созданию оптимального комплекса услуг. Этот процесс направлен на максимизацию удовлетворения клиента в соответствии с бюджетными ограничениями. Таким образом, в конце исследования получается результат, обусловленный использованием нечеткой логики.

Заключение.

В заключении статьи подчеркивается актуальность задачи формирования комплексных услуг в условиях высокой конкуренции на рынке. Научный подход, предложенный в статье, основанный на применении протокола оказания услуг, матрицы типовых услуг и использовании нечеткой логики, является эффективным методом индивидуализации услуг, учитывая как целевое состояние клиента, так и его эмоциональные предпочтения. Выводы исследования демонстрируют, что предложенная система позволяет создавать оптимизированные комплексные услуги, максимизируя полезность для клиента при соблюдении бюджетных ограничений. Это открывает перспективы для практического применения метода в сфере предоставления услуг с учетом индивидуальных особенностей каждого клиента. время выполнения также измеряется в зависимости от количества служб в проводимом протоколе.

Список литературы

1. Aliev, R. A. (2013). Fundamentals of the fuzzy logic-based generalized theory of decisions. Springer.
2. Aliev, R. A., & Gardashova, L. A. (2020, August). Z-set based approach to control system design. In International Conference on Theory and Applications of Fuzzy Systems and Soft Computing (pp. 10–21). Cham: Springer International Publishing.
3. Cao, Y., & Li, Y. (2007). An intelligent fuzzy-based recommendation system for consumer electronic products. Expert Systems with Applications, 33(1), 230–240.
4. Gardashova, L. A. (2014). Application of DEO method to solving fuzzy multiobjective optimal control problem. Applied Computational Intelligence and Soft Computing, 2014, 4–4.
5. Zadeh, L. (2014). What is fuzzy logic and what does it have to offer? Paper presented at WCECS, San Francisco. Retrieved from http://www.iaeng.org/WCECS2014/doc/WCECS_2014_keynote_speech_I.pdf
6. Zadeh, L. A. (2004). Fuzzy logic systems: Origin, concepts, and trends. Science, 80, 16–18.
7. Zadeh, L. A., & Aliev, R. A. (2018). Fuzzy logic theory and applications: Part I and Part II. World Scientific Publishing.
8. Бобков, А. С., & Розалиев, В. Л. (2011). Фаззификация данных, описывающих движение человека.

9. Гардашова, Л. А., & Гусейнли, К. Г. (2017). Выбор оптимальной нечеткой импликации в задаче принятия решений по планированию поведения интеллектуального робота. *Web of Scholar*, 2(4), 52–56.
10. Голосовский, М. С., et al. (2018). Алгоритм настройки системы нечёткого логического вывода типа Мамдани. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математика. Механика. Физика*, 10(3), 19–29.
11. Клишевская, Я. А. (2020). Совершенствование программ лояльности клиентов в банковской деятельности: магистерская диссертация по направлению подготовки: 38.04.02-Менеджмент.
12. Леденева, Т. М., & Татаркин, Д. С. (2007). Особенности проектирования систем нечеткого логического вывода. *Информационные технологии*, (7), 12–19.
13. Лобатый, А. А., & Аль-Машхадани, М. А. (2013). Фаззификация сигналов нелинейной стохастической системы. *Наука и техника*, (2), 28–32.
14. Шевченко, Д. А. (2023). Маркетинг услуг. ООО ДиректМедиа.

Xülasə. Bu elmi məqalə bazarda güclü rəqabət şəraitində kompleks xidmətlərin formalaşdırılması məsələsinin həllinə həsr olunub. Tədqiqatın əsas məqsədi xidmət göstərmə protokolu, tipik xidmətlər matrisi və bulanıq məntiqdən istifadə etməklə xidmətlərin fərdiləşdirilməsinin effektiv metodunun hazırlanmasıdır. Hər bir standart xidmət hədəf vəziyyət üçün faydalılığı, dəyəri və müştərinin emosional üstünlüklərinə təsir səviyyəsi baxımından qiymətləndirilir. Hazırlanmış protokola əsaslanaraq, həm məcburi, həm də əlavə xidmətləri əhatə edən standart xidmətlər matrisi yaradılır. Alternativ xidmətlər müxtəliflik təklif edir, lakin onların ən azı biri ümumi xidmətdə yer almalıdır. Məcburi xidmətlər çıxarıldıqdan sonra qalan büdcə əlavə xidmətlərlə tamamlanır; hər bir əlavə xidmət kompleks xidmətdə yalnız bir dəfə daxil edilə bilər. Aparılan tədqiqat göstərir ki, təklif olunan sistem büdcə məhdudiyyətlərinə riayət edərək müştəri üçün xidmətlərin faydalılığını maksimuma çatdırmaqla optimallaşdırılmış kompleks xidmətlərin formalaşdırılmasına imkan yaradır. Hazırlanmış yanaşma hər bir müştərinin fərdi xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq xidmət göstərmə sahəsində praktik tətbiq üçün perspektivlər açır.

Açar sözlər: Xidmətlər, emosional üstünlüklər, xidmətlərin fərdiləşdirilməsi, qeyri-səlis məntiq, optimallaşdırma, müştərinin fərdi xüsusiyyətləri.

Abstract. This scientific article is devoted to solving the pressing issue of forming integrated services in a highly competitive market. The primary objective of the study is to develop an effective method for service individualization using a service delivery protocol, a matrix of standard services, and fuzzy logic. Each standard service is evaluated based on its usefulness for the target state, its cost, and its impact on the client's emotional preferences. Using the developed protocol, a matrix of standard services is created, including both mandatory and additional services. Alternative services offer variability, with at least one of them required to be included in the overall service. Once the mandatory services are excluded, the remaining budget can be supplemented with additional services, each of which can be included in the integrated service no more than once. The study shows

that the proposed system allows the formation of optimized integrated services, maximizing their usefulness for the client while adhering to budget constraints. The developed approach opens prospects for its practical application in the field of service provision, considering the individual characteristics of each client.

Keywords: Services, emotional preferences, service personalization, fuzzy logic, optimization, individual customer characteristics.

DENSELY CONNECTED CONVOLUTIONAL NETWORKS FOR ACCURATE GRAPEVINE LEAF DISEASE DETECTION

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17206755>

Yigitcan CAKMAK

cakmak02273@gmail.com

Orcid ID:0009-0008-7227-9182

Ishak PACAL

ishakpacal@igdir.edu.tr

Orcid ID: [0000-0001-6670-2169](https://orcid.org/0000-0001-6670-2169)

Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Igdir Universty, 76000, Igdir, Turkey

ABSTRACT

Grapevines constitute a high-value crop for the global food, beverage, and pharmaceutical sectors, such that even modest yield losses can cascade through producer income and supply-chain stability. Timely identification of foliar diseases therefore remains essential for safeguarding both harvest quality and overall productivity. Recent advances in image-based deep learning furnish a rapid and objective alternative to visual scouting, detecting subtle lesion patterns within milliseconds and thereby enabling earlier agronomic intervention. Within artificial intelligence, deep learning has become the method of choice for complex image classification tasks. In this study, four Dense Convolutional Network models—DenseNet 121, DenseNet 169, DenseNet 201, and DenseNet 264—were fine-tuned through transfer learning to discriminate grapevine leaf pathologies. Model training and evaluation employed the expert-annotated grape subset of the PlantVillage dataset, a widely recognised benchmark for plant-disease imagery. Experimental results demonstrate that DenseNet 264 delivered the most consistent performance, achieving an accuracy of 98.20 percent, precision of 98.16 percent, recall of 98.56 percent, and an F1 score of 98.35 percent. These findings underscore the capacity of transfer-learning-enhanced deep learning pipelines to provide growers with an efficient and dependable tool for early disease diagnosis, thereby facilitating evidence-based management decisions that minimise crop loss and promote more sustainable viticulture.

Key Words: *Grapse Disease Detection, Deep Learning, DenseNet, PlantVillage*

1. Introduction

Agriculture refers to the production of plant and animal-based products through the utilization of soil, seeds, and various cultivation practices. In a broader context, it encompasses activities conducted within specific biological and socio-economic environments to meet human nutritional needs [1]. Today, agriculture stands as one of the most strategically significant sectors globally. Future projections indicate a substantial population increase in developing nations, shifts in global dietary habits, advancements in technology, and a growing preference for organic foods in developed countries, while developing regions may face challenges related to genetically modified organisms [2].

Grapes, as one of the most widely consumed fruits globally, hold substantial economic value due to their role in both fresh consumption and wine production [3]. However, grape leaves are vulnerable to numerous diseases caused by environmental factors, climatic conditions, and primarily by fungal, viral, and bacterial pathogens [4]. While traditional

phytopathological techniques have been employed for disease identification, they are often time-consuming and labor-intensive [5,6]. As grape cultivation expands, the reliability of manual identification diminishes, emphasizing the need for automated systems to accurately detect grape leaf diseases[7].

Newer agricultural methods seek to maximize yields while minimizing energy input and resource output. New technologies we are utilizing in modern agriculture as tools include image processing, machine learning, artificial intelligence and deep learning which are capabilities to improve the quality of our products and give accurate assessments of crop diseases [8,9]. Plant diseases lead to many losses in production from crops in the world value-chain, which is why their identification is so significant for a sustainable agriculture future [10–12]. Measurements of an early and accurate diagnosis with control measures must exist to alleviate the negative consequences plant diseases impact on production.

Deep learning, a form of machine learning that employs artificial neural networks, can provide reliable predictions based on large data sets [13,14]. These networks are layered structures similar to the human brain, which make it possible to solve complex and abstract issues. In areas such as image and speech recognition, deep learning has proven its success, and has the ability to provide insights into agriculture that employ variables like plant growth, yield potential, or the presence of disease or pests [15]. By modeling the interrelationships between the above variables, it enhances the decision-making process in farming systems.

The advancement of artificial intelligence in agriculture provides exciting possibilities for addressing both identification and classification problems surrounding plants [16–18]. Leaves are especially useful for classifying plants because they are easily identifiable morphologically, they can be collected throughout the year, and because large samples could be collected [19]. Classical approaches towards plant identification and classification fall short both in terms of accuracy and scalability, solidifying the conclusion that deep learning-based methods are better [20–22]. Additionally, deep-learning can reduce waste and aid at planning resource use when making decisions such as irrigation needs and fertilizer use by collecting data and processing it surrounding the plant, soil, and other conditions [23]. To express another use, deep learning could also provide a farmer a better opportunity to detect curling leaves, which is an early sign of either a disease or pest infestation. Therefore, through information from the deep learning model a farmer could detect problems earlier and intervene sooner to decrease crop loss. For these reasons, this project will develop a deep learning based model for the automatic classification of grape leaves or for the detection of disease in grapes to improve vineyard management and sustainable agriculture.

2. Related works

Tang et al examined alternative CNN-based architectures for diagnosing plant diseases, and determined that ShuffleNet performed the best out the five models they examined. They also used squeeze-and-excitation blocks incorporated into the architecture significantly improved spatial encoding while reducing overall computational cost. Their model also provided better classification accuracy than the baseline of five-day prediction accuracy, which yielded an accuracy of 99.14% in real-time detection of grape leaf diseases.

The next step involves integrating this process with IoT platforms to improve automation efficiencies [24].

According to Jin et al. recognized the potential of generative adversarial networks (GANs) that augmented datasets of grape leaf disease but noted that the generated images did not have clarity. The authors suggest GrapeGAN which is a more advanced GAN that provides a better U-Net inspired architecture that collects the finer details and structural quality of the generated image. The experimental results found GrapeGAN produced better-quality images and improved recognition performance compared to traditional GAN methodologies and was suggested to be a solution to some of the limitations of traditional GAN approaches for image generation of grape leaf disease [25].

Liu et al. proposed the Leaf GAN, a deep learning model that created synthetic images of 4 grape leaf disease types using GANs. Adding a dense connection and instance normalization enabled better performance for the discriminator to distinguish between real and fake images. The data set of 4,062 images was increased to 8,124 images. The authors applied a gradient penalty method to stabilize the training. Their results discovered that the new data set increased the classification accuracy using CNNs based on the expanded data set, which is a possibility to avoid overfitting and enhance performance to identify the disease [26].

Hamuda et al. developed an algorithm to identify cauliflower in video segments captured in natural light and under different weather and reported an accuracy of 99.04% and sensitivity of 98.91%. Akbarzadeh et al. applied SVM to classify plants which achieved a classification accuracy of 97%. Zhang and Wang (2016) also proposed an SVM-related method to detect cucumber powdery mildew using the visual spectra (450 nm–780 nm) which achieved a total accuracy of 98.13% [27–29].

Kunduracioğlu and Paçal emphasized the impact of plant diseases on crop loss and the need for accurate detection methods. Traditional expert-based approaches may carry bias, whereas deep learning provides effective alternatives for non-experts. Their study fine-tuned state-of-the-art pre-trained CNN and vision transformer models to classify grape leaf types and detect diseases using digital imagery. They used two datasets: PlantVillage (4062 images, 4 disease-related classes: Black Rot, Leaf Blight, Healthy, Esca) and Grapevine (500 images, 5 grape varieties: Ak, Alaidris, Buzgulu, Dimnit, Nazli). A total of 14 CNN and 17 vision transformer models were evaluated, with four achieving 100% accuracy on both datasets—most notably the Swinv2-Base model. The study highlights deep learning's potential in early disease detection and grape variety identification, contributing to increased agricultural productivity [30].

3. Material and methods

3.1 Datasets

The dataset plays a pivotal role in the overall performance of deep learning models. Unlike traditional machine learning techniques, deep learning architectures rely heavily on large-scale datasets and automated feature extraction, which mark a fundamental distinction between the two approaches. This is primarily due to the fact that deep learning

models require substantial volumes of data to effectively learn representative features from input samples [31]. Table 1 shows that our dataset The distinction between train test and validation has been shown

Table 1

Distinction between train test and validation

	Images	%
Train	2843	70
Test	610	15
Validation	609	15
Total	4062	100

3.2 PlantVillage dataset

For this study, the PlantVillage dataset the most extensive publicly accessible dataset comprising various plant diseases was utilized to facilitate accurate detection of grape leaf diseases. The PlantVillage dataset contains a total of 54,303 leaf images, distributed across 38 different plant species and disease classes, encompassing both diseased and healthy specimens [32]. Within the scope of this research, attention was directed specifically to the grape-related subsets of the dataset. The four grape-specific categories relevant to grape leaf diseases were selected, encompassing a total of 4,062 images for analysis in our experiments.



Fig. 1 Examples from our dataset

3.3 Data Augmentation

In deep learning applications, the availability of large and diverse datasets is crucial for achieving high model performance and generalizability. However, collecting and labeling extensive image datasets can be both time-consuming and resource-intensive. Data augmentation is a widely adopted technique to overcome this limitation by artificially

expanding the training dataset through various transformations. By introducing controlled variability in the input data, data augmentation enhances the model's ability to generalize to unseen data and reduces the risk of overfitting, especially when the dataset is relatively small or imbalanced.

In this study, a variety of data augmentation strategies were applied during the preprocessing phase to improve the robustness and performance of the model. The transformations used are as follows:

- `RandomResizedCrop(224)`: Randomly crops and resizes the input image to 224×224 pixels, encouraging the model to focus on different parts of the object and preventing reliance on fixed spatial features.
- `RandomHorizontalFlip()`: Horizontally flips the image with a certain probability, allowing the model to learn invariant features regardless of object orientation.
- `RandomRotation(15)`: Randomly rotates the image up to ± 15 degrees, simulating different angles and improving the model's ability to recognize rotated objects.
- `ColorJitter (brightness=0.2, contrast=0.2, saturation=0.2, hue=0.1)`: Introduces random variations in brightness, contrast, saturation, and hue, helping the model become robust to changes in lighting and color conditions.
- `ToTensor()`: Converts the image into a PyTorch tensor, which is required for model processing.
- `Normalize(mean=[0.485, 0.456, 0.406], std=[0.229, 0.224, 0.225])`: Standardizes the image pixel values using the mean and standard deviation of the ImageNet dataset to ensure faster convergence and improved training stability.

Additionally, a separate transformation pipeline was defined for visualization purposes, where images were resized and converted to tensors **without normalization**. This step ensures that the images can be visualized in their original pixel ranges before being fed into the model.

3.4 Deep learning architectures

Machine learning has been impactful in facilitating societal development and technology innovation. It is now an integral part of a variety of tasks such as web search performance, moderation of social media content, and the ecommerce recommenders we see from electronic retailers. With continued advances in technology, the methods of machine learning are becoming more deeply integrated into our lives through smart devices, as well as other functionalities like visual object recognition, speech to text translation, and displaying user-specific content on multiple digital platforms [33].

Advancements in AI are made possible mainly because of deep learning. Deep learning is a field of machine learning that uses multilayered neural architectures to learn non-linear and complicated representations from large amounts of data [34,35]. Deep learning models are able to learn high-level features through the use of multilayered architectures and an algorithm called backpropagation. Deep learning has been successful in a variety of fields including image and video, audio, and human language processing. Convolutional neural networks (CNNs) can process tasks related to spatial data, while recurrent neural networks (RNNs) can handle sequential data like language or audio. Though Hinton described deep learning in 2006, it was not until deep models dominated

the image classification requirements of the ImageNet competition, completely exceeding traditional algorithms, that it was recognized as mainstream. Since then, deep learning has achieved the best performance and unlikely to be surpassed in any domain or field, including pattern identification, classification, prediction, drug creation, signal classification, finance, health care, and military [36].

3.5 DenseNet Architectures

The Dense Convolutional Network (DenseNet) architecture introduces a novel connectivity pattern in which each layer is directly connected to all subsequent layers within a dense block [37,38]. Unlike traditional convolutional neural networks (CNNs), where information flows sequentially from one layer to the next, DenseNet ensures maximum information and gradient flow by concatenating the feature maps from all preceding layers as input to each layer. Formally, the input to the l^{th} layer is defined as:

(2)

Here, $H_i(\cdot)$ denotes a composite function typically consisting of Batch Normalization (BN), a Rectified Linear Unit (ReLU), and a 3×3 convolution. The concatenation operation allows the network to preserve and reuse features throughout the architecture, leading to enhanced parameter efficiency and improved training dynamics.

DenseNet is composed of the following fundamental building blocks:

- **Dense Blocks:** Groups of layers in which each layer receives inputs from all previous layers within the same block. Each layer comprises a sequence of BN–ReLU–Conv(1×1) followed by BN–ReLU–Conv (3×3).
- **Transition Layers:** Layers that separate dense blocks and perform dimensionality reduction using 1×1 convolutions followed by 2×2 average pooling. These layers are crucial for controlling model complexity and computational cost.
- **Growth Rate (k):** Refers to the number of feature maps produced by each layer. A higher growth rate leads to wider networks, while a lower growth rate results in more compact models. In this study, a growth rate of k=32 was adopted for all models.
- **Bottleneck Layers (DenseNet-B):** 1×1 convolutions placed before 3×3 convolutions to reduce the number of input feature maps and enhance computational efficiency.
- **Compression (DenseNet-C):** Reduces the number of feature maps in transition layers by a compression factor $0 < 1$, further reducing the model size and complexity.
- **Combined Architecture (DenseNet-BC):** Utilizes both bottleneck and compression techniques for optimal efficiency and accuracy.

In this study, four variants of DenseNet pre-trained on ImageNet were employed for the classification of grape leaf diseases from the PlantVillage dataset: DenseNet-121, DenseNet-169, DenseNet-201, and DenseNet-264. The primary distinction among these models lies in the number of layers within each dense block. Table 1 provides a summary of the architectural configurations:

Layers	Output Size	DenseNet-121	DenseNet-169	DenseNet-201	DenseNet-264
Convolution	112 × 112	7 × 7 conv, stride 2			
Pooling	56 × 56	3 × 3 max pool, stride 2			
Dense Block (1)	56 × 56	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 6$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 6$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 6$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 6$
Transition Layer (1)	56 × 56	1 × 1 conv			
	28 × 28	2 × 2 average pool, stride 2			
Dense Block (2)	28 × 28	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 12$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 12$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 12$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 12$
Transition Layer (2)	28 × 28	1 × 1 conv			
	14 × 14	2 × 2 average pool, stride 2			
Dense Block (3)	14 × 14	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 24$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 32$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 48$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 64$
Transition Layer (3)	14 × 14	1 × 1 conv			
	7 × 7	2 × 2 average pool, stride 2			
Dense Block (4)	7 × 7	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 16$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 32$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 32$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1 \text{ conv} \\ 3 \times 3 \text{ conv} \end{bmatrix} \times 48$
Classification Layer	1 × 1	7 × 7 global average pool			
		1000D fully-connected, softmax			

Fig.3 Layers of DenseNet variants used in the study

The increase in depth across the variants enables the models to capture more complex patterns, albeit at the expense of greater computational cost and memory consumption [39].

4. Results and discussions

4.1 Experimental Design

The experiments in this study were carried out on a Linux-based system running Ubuntu 22.04, powered by an Intel Core i5-13600K processor, 32 GB of DDR5 RAM, and an NVIDIA RTX 3090 GPU. All models were implemented using PyTorch with CUDA acceleration provided by NVIDIA. To ensure consistency and fairness, each model architecture was trained and evaluated under the same experimental conditions and hyperparameters.

4.2 Performance Metrics

Evaluating the performance of deep learning models is essential for determining their effectiveness and making data-driven decisions. Metrics serve multiple critical functions such as measuring performance, guiding model optimization, reporting outcomes, identifying potential biases or errors, comparing models, and detecting overfitting. In this research, we emphasized evaluation metrics particularly relevant to grape disease classification, using performance indicators widely accepted in the academic literature.

The metrics this project employs: accuracy, precision, recall, and the F1-score, are benchmarks in the realm of deep learning evaluations. Accuracy can be defined as the total number of correctly classified samples out of all of the predictions. Accuracy shows the general performance of the model. Precision is defined as the true positives / (true positives + false positives) and provides information about the model's trustworthiness to locate relevant instances. Recall measures the actual positives that were detected correctly by the model based on the model's prediction. The F1-score computes based off of the harmonic mean of precision and recall thus provides an overall metric of performance by accounting for both false positives and false negatives. All metrics used can be mathematically defined using the following equations:



(4)



(5)



(6)



(7)

4.3 Results

The results of the DenseNet variants trained using transfer learning are presented in Table 2.

Table 2

Results of DenseNet variants

DenseNet/ Variants	Accuracy %	Precision %	Recall %	F1- Score %
121	97.05	97.48	97.36	97.40
169	96.39	96.04	96.88	96.45
201	97.05	97.35	97.65	97.48
264	98.20	98.16	98.56	98.35

The performance graphs and confusion matrices are presented below.

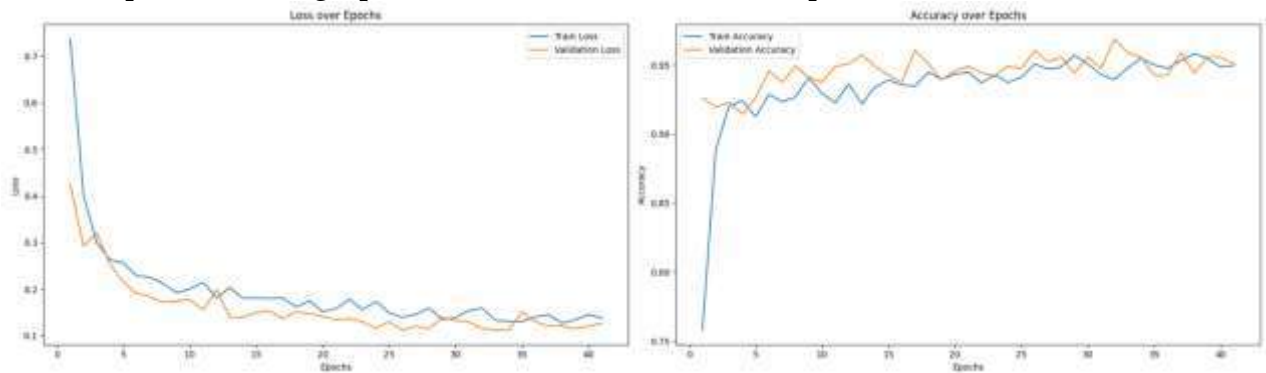


Fig. 8 DenseNet 121 train graph

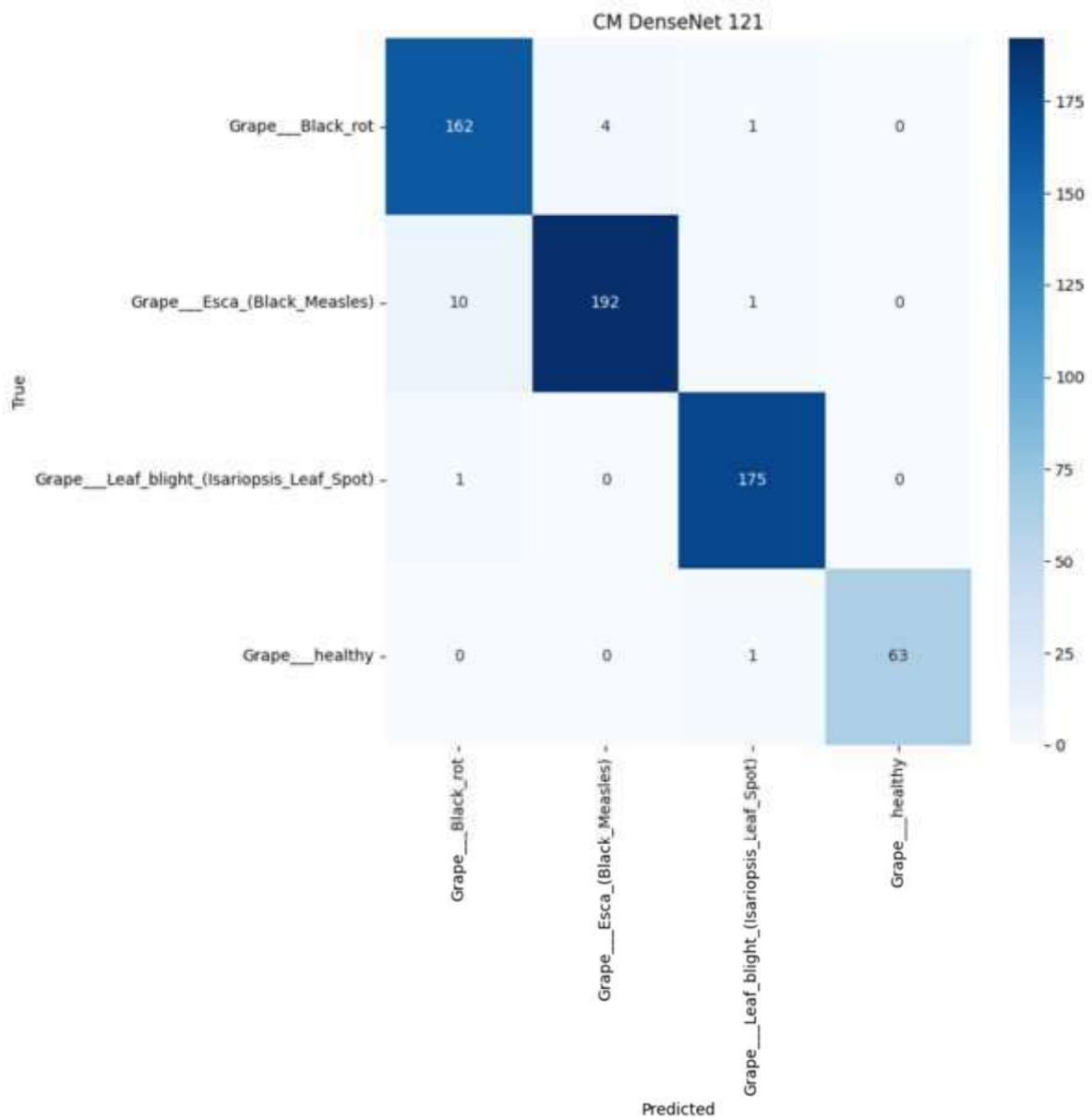


Fig. 9 DenseNet 121 confusion matrices

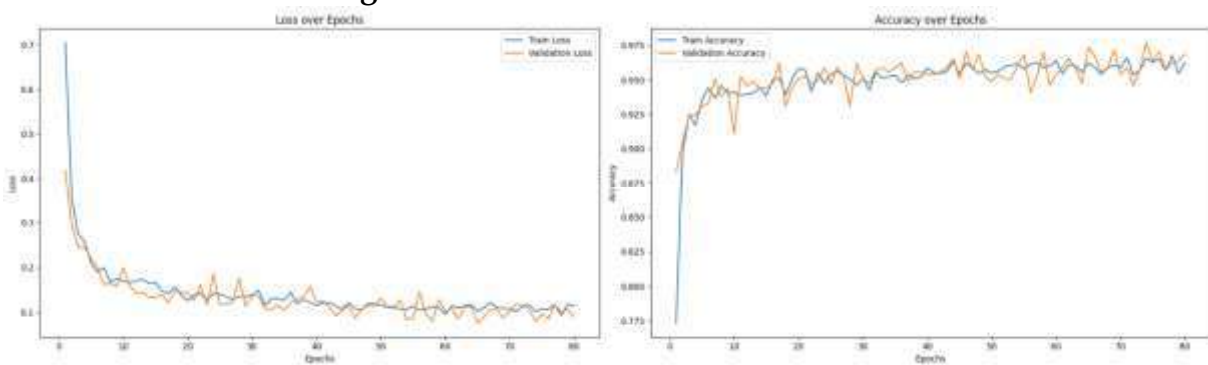


Fig. 10 DenseNet 169 train graph

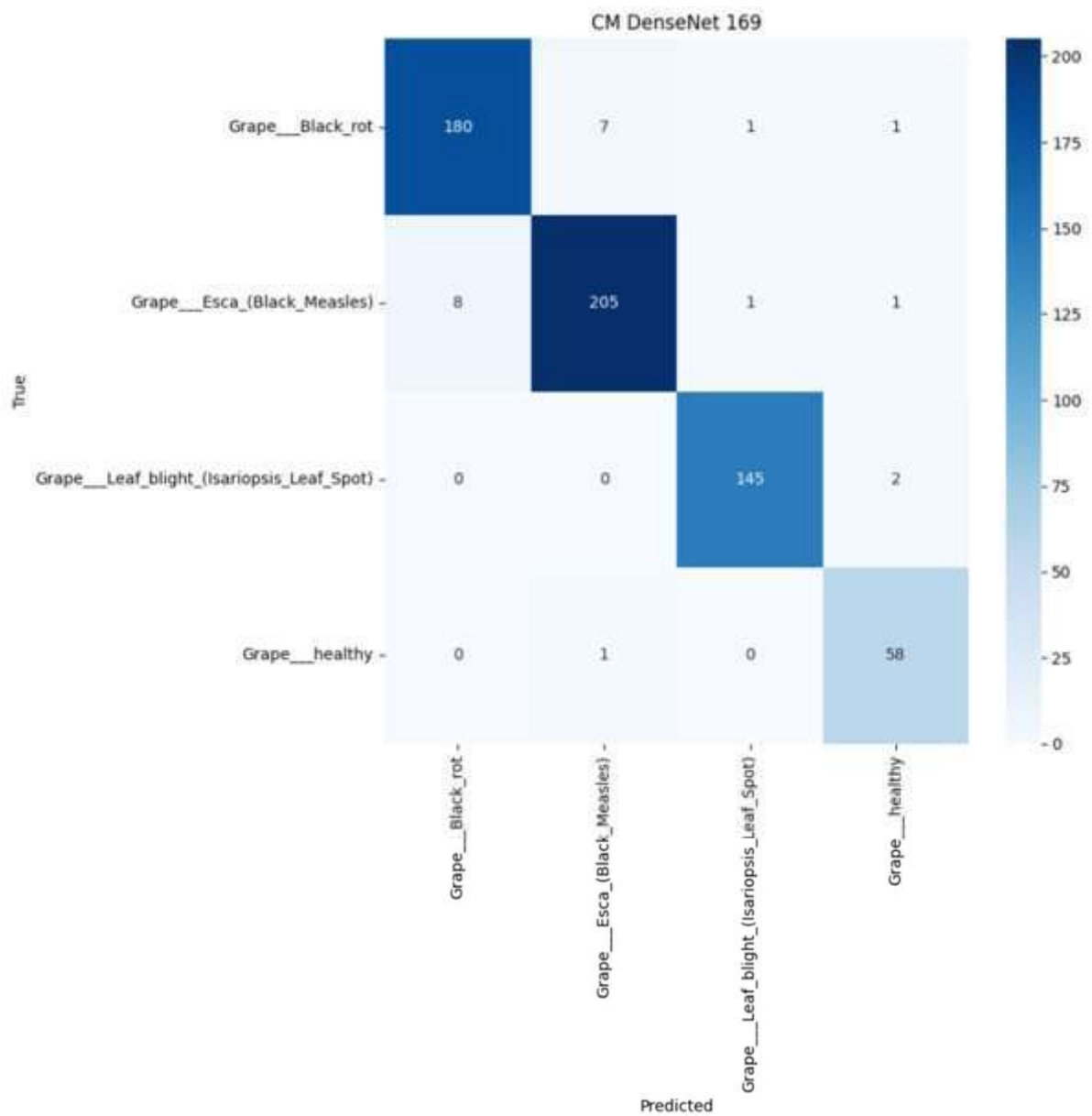


Fig. 11 DenseNet 169 confusion matrices

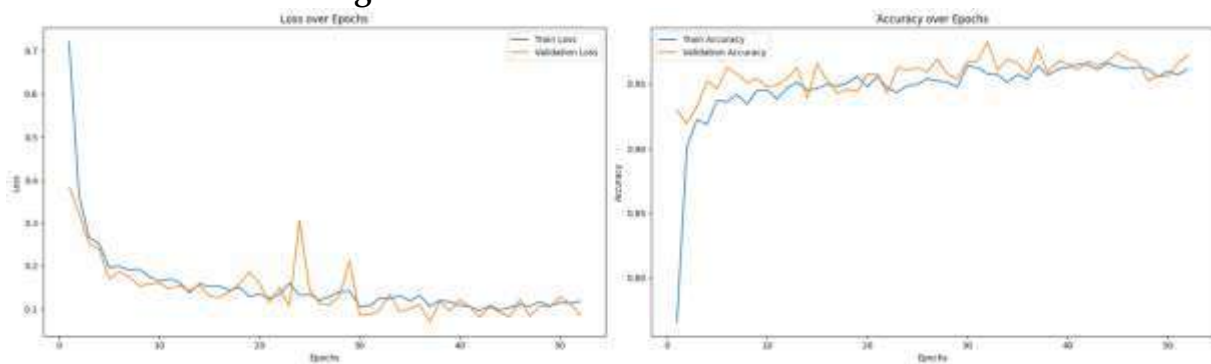


Fig. 12 DenseNet 201 train graph

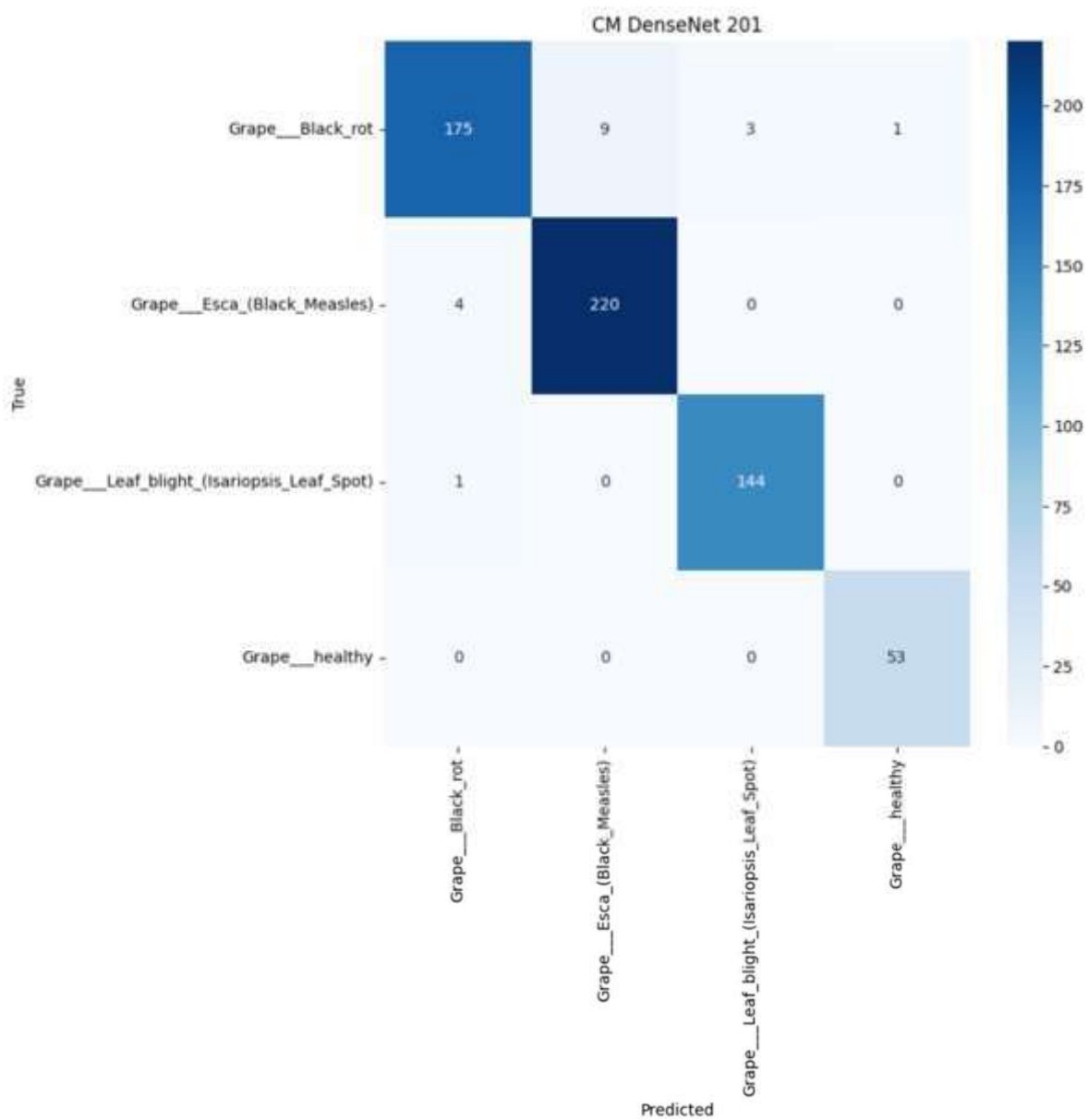


Fig. 13 DenseNet 201 confusion matrices

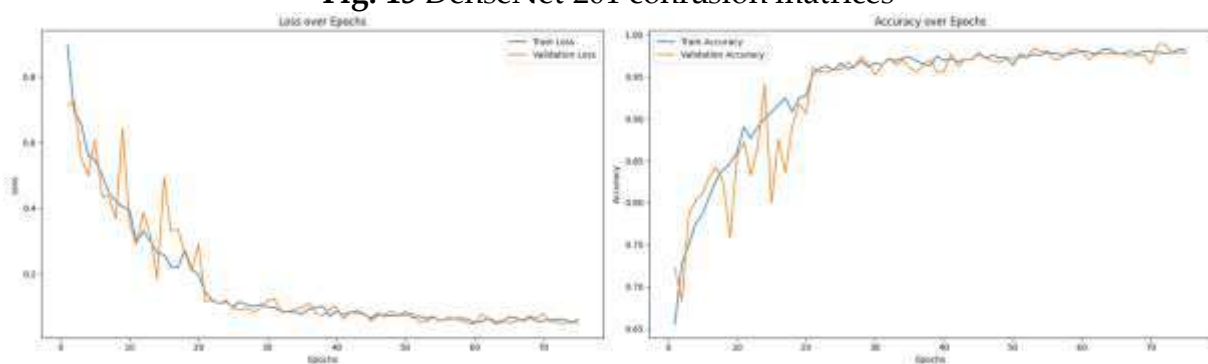


Fig. 14 DenseNet 264 train graph

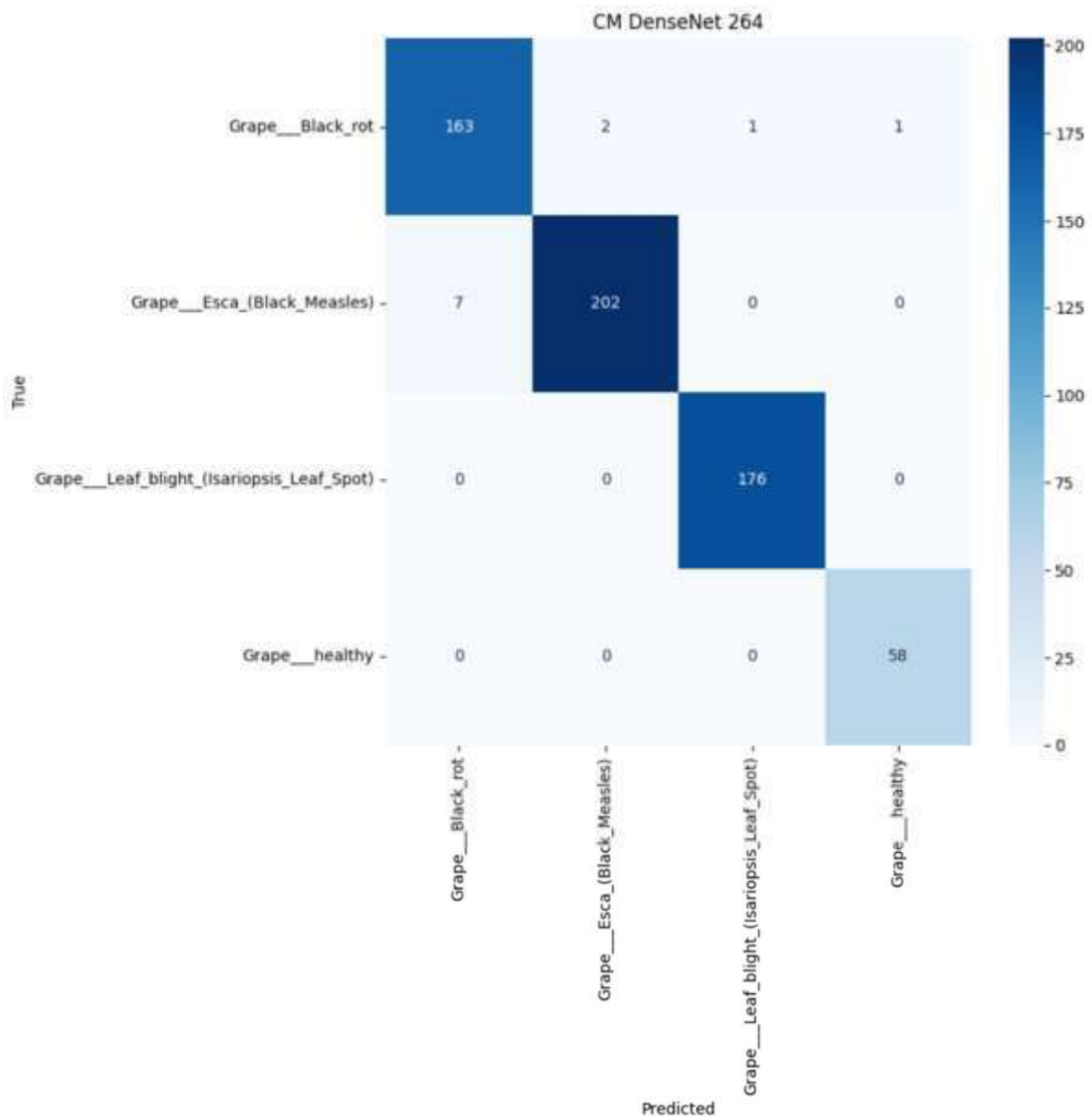


Fig. 15 DenseNet 264 confusion matrices

5. Conclusion

This research emphasizes the transformative potential of deep learning techniques in tackling the complex issues of plant disease detection, particularly in grapevine cultivation. Traditional diagnostic methods, which rely heavily on expert knowledge, often face limitations due to subjectivity and inconsistency. In contrast, our study utilizes cutting-edge advancements in image processing and computational power to classify grape leaf diseases using various DenseNet architectures. We evaluated and trained four different DenseNet variants DenseNet-121, DenseNet-169, DenseNet-201, and DenseNet-264 with all models showing excellent performance across different metrics. Among these, DenseNet-264 achieved the highest performance, with an accuracy of 98.20%, precision of 98.16%, recall of 98.56%, and an F1-score of 98.35%, demonstrating its superior capability in disease detection and classification. In addition to its technical contributions, the practical applications of this research are highly valuable for the agricultural sector. Our models offer an effective

solution for early disease detection, enabling farmers to make timely, informed decisions, reduce crop losses, and improve overall productivity.

REFERENCES

- [1] H. Sandhu, Bottom-up transformation of agriculture and food systems, *Sustainability* (Switzerland) 13 (2021) 1–13. <https://doi.org/10.3390/su13042171>.
- [2] O. Tarım, B. Koruma, A.O. Tarımda, K. Yöntemler, B. Hekimoğlu, M. Altindeğer, Z. Mühendisi, SAMSUN VALİLİĞİ Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü, 2006.
- [3] Y. Peng, S. Zhao, J. Liu, Fused deep features-based grape varieties identification using support vector machine, *Agriculture* (Switzerland) 11 (2021). <https://doi.org/10.3390/agriculture11090869>.
- [4] G. Armijo, R. Schlechter, M. Agurto, D. Muñoz, C. Nuñez, P. Arce-Johnson, Grapevine pathogenic microorganisms: Understanding infection strategies and host response scenarios, *Front Plant Sci* 7 (2016). <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00382>.
- [5] J. Xiao, A.K. Aggarwal, U.K. Rage, V. Katiyar, R. Avtar, Deep Learning-Based Spatiotemporal Fusion of Unmanned Aerial Vehicle and Satellite Reflectance Images for Crop Monitoring, *IEEE Access* 11 (2023) 85600–85614. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3297513>.
- [6] M. Ji, L. Zhang, Q. Wu, Automatic grape leaf diseases identification via UnitedModel based on multiple convolutional neural networks, *Information Processing in Agriculture* 7 (2020) 418–426. <https://doi.org/10.1016/J.INPA.2019.10.003>.
- [7] V. Singh, A.K. Misra, Detection of plant leaf diseases using image segmentation and soft computing techniques, *Information Processing in Agriculture* 4 (2017) 41–49. <https://doi.org/10.1016/J.INPA.2016.10.005>.
- [8] M. Abbasgholipour, M. Omid, A. Keyhani, S.S. Mohtasebi, Color image segmentation with genetic algorithm in a raisin sorting system based on machine vision in variable conditions, *Expert Syst Appl* 38 (2011) 3671–3678. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2010.09.023>.
- [9] K. Muthukannan, P. Latha, A GA_FFNN algorithm applied for classification in diseased plant leaf system, *Multimed Tools Appl* 77 (2018) 24387–24403. <https://doi.org/10.1007/S11042-018-5710-5/FIGURES/4>.
- [10] F. Martinelli, R. Scalenghe, S. Davino, S. Panno, G. Scuderi, P. Ruisi, P. Villa, D. Stroppiana, M. Boschetti, L.R. Goulart, C.E. Davis, A.M. Dandekar, Advanced methods of plant disease detection. A review, *Agron Sustain Dev* 35 (2015) 1–25. <https://doi.org/10.1007/S13593-014-0246-1/FIGURES/3>.
- [11] J. Zhu, A. Wu, X. Wang, H. Zhang, Identification of grape diseases using image analysis and BP neural networks, *Multimed Tools Appl* 79 (2020) 14539–14551. <https://doi.org/10.1007/S11042-018-7092-0/TABLES/1>.
- [12] A. Kaur, A.P.S. Chauhan, A.K. Aggarwal, An automated slice sorting technique for multi-slice computed tomography liver cancer images using convolutional network[Formula presented], *Expert Syst Appl* 186 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115686>.

- [13] D. Coşkun, D. Karaboğa, A. Baştürk, B. Akay, Ö.U. Nalbantoğlu, S. Doğan, İ. Paçal, M.A. Karagöz, A comparative study of YOLO models and a transformer-based YOLOv5 model for mass detection in mammograms, *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences* 31 (2023) 1294–1313. <https://doi.org/10.55730/1300-0632.4048>.
- [14] A.K. Aggarwal, Fusion and Enhancement Techniques for Processing of Multispectral Images, *Unmanned Aerial Vehicle: Applications in Agriculture and Environment* (2020) 159–175. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27157-2_12.
- [15] E. VEZİROĞLU, I. PACAL, A. COŞKUNÇAY, Derin Evrişimli Sinir Ağları Kullanılarak Pirinç Hastalıklarının Sınıflandırılması, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 13 (2023) 792–814. <https://doi.org/10.21597/jist.1265769>.
- [16] R. Manavalan, Automatic identification of diseases in grains crops through computational approaches: A review, *Comput Electron Agric* 178 (2020) 105802. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2020.105802>.
- [17] D.I. Patrício, R. Rieder, Computer vision and artificial intelligence in precision agriculture for grain crops: A systematic review, *Comput Electron Agric* 153 (2018) 69–81. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2018.08.001>.
- [18] N. Clara Eli-Chukwu, Applications of Artificial Intelligence in Agriculture: A Review, 2019. www.etasr.com.
- [19] A semi automatic plant identification based on digital leaf and flower images | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore, (n.d.). <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6215975> (accessed April 20, 2025).
- [20] H. Tavakoli, P. Alirezazadeh, A. Hedayatipour, A.H. Banijamali Nasib, N. Landwehr, Leaf image-based classification of some common bean cultivars using discriminative convolutional neural networks, *Comput Electron Agric* 181 (2021) 105935. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2020.105935>.
- [21] E. Kaya, İ. Saritas, Towards a real-time sorting system: Identification of vitreous durum wheat kernels using ANN based on their morphological, colour, wavelet and gaborlet features, *Comput Electron Agric* 166 (2019) 105016. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2019.105016>.
- [22] M. Koklu, I.A. Ozkan, Multiclass classification of dry beans using computer vision and machine learning techniques, *Comput Electron Agric* 174 (2020) 105507. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2020.105507>.
- [23] S. Kiliçarslan, İ. Paçal, B. Onyedi Eylül Üniversitesi, M. ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Domates Yapraklarında Hastalık Tespiti İçin Transfer Öğrenme Metotlarının Kullanılması, *Mühendislik Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi* 5 (2023) 215–222. <https://doi.org/10.46387/BJESR.1273729>.
- [24] Z. Tang, J. Yang, Z. Li, F. Qi, Grape disease image classification based on lightweight convolution neural networks and channelwise attention, *Comput Electron Agric* 178 (2020) 105735. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2020.105735>.
- [25] H. Jin, Y. Li, J. Qi, J. Feng, D. Tian, W. Mu, GrapeGAN: Unsupervised image enhancement for improved grape leaf disease recognition, *Comput Electron Agric* 198 (2022) 107055. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2022.107055>.

- [26] B. Liu, C. Tan, S. Li, J. He, H. Wang, A Data Augmentation Method Based on Generative Adversarial Networks for Grape Leaf Disease Identification, *IEEE Access* 8 (2020) 102188–102198. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998839>.
- [27] S. Zhang, Z. Wang, Cucumber disease recognition based on Global-Local Singular value decomposition, *Neurocomputing* 205 (2016) 341–348. <https://doi.org/10.1016/J.NEUCOM.2016.04.034>.
- [28] S. Akbarzadeh, A. Paap, S. Ahderom, B. Apopei, K. Alameh, Plant discrimination by Support Vector Machine classifier based on spectral reflectance, *Comput Electron Agric* 148 (2018) 250–258. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2018.03.026>.
- [29] E. Hamuda, B. Mc Ginley, M. Glavin, E. Jones, Automatic crop detection under field conditions using the HSV colour space and morphological operations, *Comput Electron Agric* 133 (2017) 97–107. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2016.11.021>.
- [30] I. Kunduracioglu, I. Pacal, Advancements in deep learning for accurate classification of grape leaves and diagnosis of grape diseases, *Journal of Plant Diseases and Protection* 131 (2024) 1061–1080. <https://doi.org/10.1007/S41348-024-00896-Z/TABLES/7>.
- [31] I. Pacal, MaxCerVixT: A novel lightweight vision transformer-based Approach for precise cervical cancer detection, *Knowl Based Syst* 289 (2024) 111482. <https://doi.org/10.1016/J.KNOSYS.2024.111482>.
- [32] David.P. Hughes, M. Salathe, An open access repository of images on plant health to enable the development of mobile disease diagnostics, (2015). <https://arxiv.org/abs/1511.08060v2> (accessed April 20, 2025).
- [33] Y. Lecun, Y. Bengio, G. Hinton, Deep learning, *Nature* 2015 521:7553 521 (2015) 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>.
- [34] A. Karaman, I. Pacal, A. Basturk, B. Akay, U. Nalbantoglu, S. Coskun, O. Sahin, D. Karaboga, Robust real-time polyp detection system design based on YOLO algorithms by optimizing activation functions and hyper-parameters with artificial bee colony (ABC), *Expert Syst Appl* 221 (2023) 119741. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2023.119741>.
- [35] I. Pacal, A. Karaman, D. Karaboga, B. Akay, A. Basturk, U. Nalbantoglu, S. Coskun, An efficient real-time colonic polyp detection with YOLO algorithms trained by using negative samples and large datasets, *Comput Biol Med* 141 (2022) 105031. <https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2021.105031>.
- [36] I. Pacal, Enhancing crop productivity and sustainability through disease identification in maize leaves: Exploiting a large dataset with an advanced vision transformer model, *Expert Syst Appl* 238 (2024) 122099. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2023.122099>.
- [37] I. Pacal, D. Karaboga, A robust real-time deep learning based automatic polyp detection system, *Comput Biol Med* 134 (2021) 104519. <https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2021.104519>.
- [38] I. Pacal, D. Karaboga, A. Basturk, B. Akay, U. Nalbantoglu, A comprehensive review of deep learning in colon cancer, *Comput Biol Med* 126 (2020) 104003. <https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2020.104003>.

- [39] G. Huang, Z. Liu, L. van der Maaten, K.Q. Weinberger, Densely Connected Convolutional Networks, (2016). <http://arxiv.org/abs/1608.06993>.

SÜNİ İNTELLEKTİN FƏLSƏFİ-METODOLOJİ ASPEKTLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17418541>

Püstə Cəfərova

pusteceferova74@gmail.com

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Xülasə

Süni intellekt ilə bağlı mühüm fəlsəfi arqumentləri özündə əks etdirən bu məqalədə, Süni intellektin fəlsəfi bir problem olaraq ələ alınmasının vacibliyi müzakirə edilməkdədir. Məqalənin məqsədi, həyatımızın hər sahəsində təsirini hiss etdiyimiz Süni intellekt texnologiyalarının gətirdiyi gücün nəzarətdən çıxmasını təmin etməkdə fəlsəfənin roluna diqqət çəkməkdir. Texnologiyadakı Süni intellekt inqilabının fəlsəfə sahəsində yeni bir paradigma doğurması tələb etdiyi tezisi əsasında, Süni intellekt alqoritmlər, virtual realıq və böyük verilər kimi texnologiyaların inkişafının fəlsəfəyə yeni çətinliklər və imkanlar gətirdiyi müdafiə edilməkdədir. Süni intellektin mümkün olub-olmaması ilə bağlı mövzuları əhatə edən Süni intellekt fəlsəfəsinin mümkünlüyünü, tarixi proseslər daxilində əsaslandırmaq bu işin əhatə dairəsinə daxildir. Problemin təqdimatından sonra Hobbes, Leibniz və Descartes kimi düşünülərə istinad edilərək Süni intellektin fəlsəfi kökləri qısa şəkildə izah edilmişdir.

Süni intellektin fəlsəfi bir problem olaraq tanımlandığı son bölümdə, Süni intellektin fəlsəfə ilə qarşılıqlı əlaqəsi müzakirə edilməkdə, Süni intellektin təməl prinsipləri, sərhədləri və əhatə dairəsinin tədqiqində fəlsəfi disiplinin ciddi şəkildə yer aldığı və Süni intellektin niyə fəlsəfi bir problem olduğu məsələsi müzakirə olunmuşdur.

Açar sözlər: Süni İntellekt, Fəlsəfə, Süni İntellekt Fəlsəfəsi

Giriş

İnsanlığı daim cəlb edən ideyalardan biri – ağıllı varlıqlar yaratmaq ehtimalı və kompüterlərin gücündən istifadə edərək maşınların insanlar kimi düşünmə və davranma bilməsi marağı – texnologiya dövrünün insanlarını mürəkkəb və yüksək səviyyəli intellektə malik sistemlər yaratmağa təşviq edir. Müasir düşüncə aləmində getdikcə daha da aktuallaşan texnologiya müzakirələri paralel şəkildə süni heyvanlar, süni insanlar və süni həyat formaları kimi anlayışların fəlsəfi və etik baxımdan təhlil edilməsini zəruri edir.

Bu kontekstdə “süni” anlayışı ilə assosiasiya olunan digər önəmli bir anlayış isə həyatımızın bir çox sahəsində tətbiq sahəsi tapan və eksponent şəkildə inkişaf edən texniki süni intellekt sistemləridir. Süni intellekt texnologiyalarında baş verən inqilabi dəyişikliklər qaçılmaz olaraq fəlsəfə sahəsində də yeni bir paradigmanın formalaşmasını zəruri edir. Belə ki, süni intellekt yalnız texnoloji fenomen deyil, eyni zamanda fəlsəfə, elm və texnologiyanın kəsişdiyi çoxşaxəli və kompleks bir mövzudur. Bu baxımdan, fənlərarası əməkdaşlığa ciddi ehtiyac yaranır. Filosoflar, texnoloqlar və sənətçilər arasında qurulacaq qarşılıqlı dialoq süni intellektə dair daha bütöv və integrativ bir baxış bucağının formalaşmasına imkan yarada bilər. Çinli düşünür Tao Fenqin də qeyd etdiyi kimi, yeni texnoloji dövrdə fəlsəfənin

yenidən dirçəlməsi üçün fənlərarası sərhədləri aşmaq, müxtəlif düşüncə sistemləri arasında əlaqələr qurmaq vacibdir. Emosional və texnoloji, duyğusal və rəşional, insan və təbiət arasında harmoniyanı və birliyi qoruyaraq, texnologiyayı insanlıqdan uzaqlaşdırmaq deyil, insanlığın xeyrinə yönəltmək ancaq bu yanaşma ilə mümkündür.

“Maşınlar düşünə bilərmə?” sualı ilə başlanğıc alan maşınların düşünüb-düşünə bilməsi məsələsi, süni intellekt fəlsəfəsinin əsas mövzularından birinə çevrilmişdir. Süni intellekt fəlsəfəsi, əsasən, süni intellektin mümkün olub-olmaması ilə, başqa sözlə, insan səviyyəsində zəka və qabiliyyətlərə malik düşünən bir maşının inşa olunub-olunamayacağı ilə bağlı məsələləri və arqumentləri əhatə edir. Buna görə də, süni intellekt fəlsəfəsi araşdırılarkən həm süni intellekt baxımından fəlsəfənin, həm də fəlsəfə üçün süni intellektin ortaql bəzi anlayışlarının təhlil edilməsi zərurəti fəlsəfi bir məsələ olaraq süni intellektin tədqiqini önəmli edir. (Yeşilkaya, 2022 ,s. 97-126)

Süni intellektin əsas metodoloji məsələlərinin bir çoxu, Antik Dövrün başlanğıcından bəri fəlsəfədə böyük əhəmiyyət kəsb etmişdir. Aristotel, Tomas Aqvinalı, Okkamlı Uilyam, Rene Dekart, Tomas Hobbs kimi filosoflar aşağıdakı sualları irəli sürmüşlər: “Ağıllı düşünmə avtomatlaşdırıla bilərmə?”, “Məntiq avtomatlaşdırıla bilərmə?”. Lakin “Süni intellekt sistemi qurmaq mümkündürmü?” əsas sualına cavab verəcək ilk təcrübələr, ilk kompüterlərin istehsal edildiyi XX əsrə qədər həyata keçirilməmişdir. Xoşbəxtlikdən, prinsip etibarilə fəlsəfi xarakterli müzakirələrə baxmayaraq, süni intellekt sistemləri qurma praktikası 1980-ci illərdən etibarən müxtəlif yanaşmaların inteqrasiyasından ibarət olmuşdur.

Antik Dövrədən bu günə qədər süni intellekt sistemi qurma praktikası ilə bağlı nəzəri və fəlsəfi izlərə bir çox ədəbiyyatda rast gəlinir, lakin bu araşdırmanın məhdudiyyətləri və əhatə dairəsi baxımından yalnız süni intellektlə əlaqələndirilən bəzi düşüncələrin diqqətəçarpan baxışlarına qısa şəkildə yer veriləcəkdir.

Süni İntellektin fəlsəfi kökləri

Süni intellektin fəlsəfi köklərinə qısa bir baxış keçirmək istəsək, ilk növbədə Tomas Hobbes-in fikirlərinə diqqət yetirmək faydalı olardı. Hobbs, insanların düşüncə proseslərini mexaniki bir şəkildə izah etməyə çalışarkən, məntiqi və hesablamanı insanların ağıl və düşüncə fəaliyyətləri ilə əlaqələndirmişdir. Bu, süni intellektin inkişafı üçün mühüm bir zəmin yaratmış və bu sahənin nəzəri əsaslarının formalaşmasında əhəmiyyətli rol oynamışdır.

Bu baxımdan, Hobbsun fikir və yanaşmaları, süni intellektin fəlsəfi əsaslarının və metodoloji müzakirələrinin formalaşmasında mühüm bir mərhələ olmuşdur. Süni intellektin ilkin mütəfəkkirlərindən biri olaraq qəbul edilən Hobbs, “**Leviathan**” əsərində süni canlı yaratmanın mümkün olduğunu, bu canlıların insanı təqlid edə biləcəyini və bunu bacaracaq metodun sənət olduğunu iddia edərək diqqət çəkir. Hobbsa görə, təbiət başqa bir çox şey kimi, burada da insanın sənəti ilə təqlid edilərək süni bir heyvan (canlı) yaradılmasını mümkün edir.

Süni intellektin fəlsəfi köklərində yer alan ən müəyyən simalardan biri də Dekartdır. Hətta Türüqin irəli sürdüyü testin fəlsəfi arxa planının, Dekart fəlsəfəsindən ilhamlandığı söylənə bilər. Maşınların düşünə bilməsinin mümkün olub-olmaması sualı, həm dualist,

həm də materialist zəhin nəzəriyyələrində tez-tez müzakirə edilən bir mövzu olaraq ön plana çıxır. Dekartın maşınların düşünüb-düşünə bilməsi ilə bağlı mənfi bir mövqe sərgilədiyi aşkar olur. Bundan əlavə, heç bir maşının Türiq testini keçə bilməyəcəyinə dair açıq siqnallar da verməkdədir. Dekart üçün heç bir maşın, böyüklərin etdiyi kimi danışa və hərəkət edə bilməz. O, avtomatların insanlarla qarşılıqlı əlaqəyə cavab verdiyini, lakin öz mövcudluqları kontekstində bu əlaqələrin insanların sahib olduğu şəkildə olmadığını qeyd edir. Buna görə də, avtomatların söylənilənlərə uyğun cavab verə bilməyəcəyinə diqqət çəkən Dekart, uyğun dilsel qarşılıqlı əlaqənin çatışmazlığının insanı avtomatdan ayırdığını vurğulayır. Bu nöqtədə Dekart açıq şəkildə, bir şeyin maşın olub-olmamasını anlamamızın iki dəqiq yolu olduğundan bəhs edir. Birincisi, sadə bir maşının düzgün şəkildə mənalı və müxtəlif söz düzülüşləri yaratmasının qeyri-mümkün olacağıdır. O, həmçinin, bir maşının həyatın bütün ehtimallarında, ağılımızın bizi hərəkətə gətirdiyi şəkildə hərəkət etməsini mümkün edəcək qədər fərqli orqanlarının olmasının bütün praktik məqsədlər üçün imkansız olduğunu ifadə edir. Gələcəkdəki avtomatların bu cür çatışmazlıqlarını aşma ehtimalını nəzərdə tutmasa da, Dekart bir növ Türiq testinin konseptual əsaslarını və meyarlarını əvvəlcədən müəyyən etmişdir. Dekartın düşünən maşınların ola bilməyəcəyinə dair özünə əmin ifadəsi, Türiq testinin fəlsəfi arxa planını təşkil edir. (Aydın, 2013, s. 200-250)

Süni intellekt fəlsəfəsinin köklərinə enərkən, önə çıxan düşünlərdən bir digəri də Vilhelm Leybnitsdir. Onun bütün insan fikirlərinin məntiqi hesabını qurmağa dair apardığı araşdırmalar və dörd əməliyyat yerinə yetirə bilən bir kalkulyator icad etməsi, Leybnitsi süni intellekt tarixində mühüm bir mövqeyə yüksəltmişdir. Hətta süni intellekt fəlsəfəsi müzakirələrinin fəlsəfi istinadları arasında Leybnitsin düşüncəsinə yer vermək doğru bir seçim olacaqdır. Onun təklif etdiyi "*characteristica universalis*" və "*calculus ratiocinator*" anlayışları ilə idealizə etməyə çalışdığı şey, ümumbəşəri bir elm dili inkişaf etdirmək və bunu anlayıb şərh edə biləcək universal bir maşın təklifidir. Beləliklə, Leybnitzin məlumat nəzəriyyəsi ilə insanın intellektual fəaliyyətini xariciləşdirən və mexanikləşdirən süni intellekt proqramı arasında bir əlaqə mövcuddur. Bu mənada, Leybnitzin təklifləri, əslində Türiq maşınını xatırladan xüsusiyyətləri əvvəlcədən ortaya qoyması baxımından süni intellekt fəlsəfəsində diqqətə layiqdir.

Süni İntellektin Fəlsəfə ilə qarşılıqlı əlaqəsi

Süni intellekt, yalnızca elmi fantastika və populyar fəlsəfənin mərkəzində yer almaqla kifayətlənmir, əslində köklü bir elmi tədqiqat sahəsidir. Çox sayda düşünür üçün süni intellektlə bağlı məqsədlərin həyata keçirilməsinin mümkün olmadığı barədə geniş bir fikir birliyi olsa da, bir çox filosof üçün bu sahənin tədqiqi və inkişafı fəlsəfi olaraq həyata keçirilir. İnsan səviyyəsində süni intellektə yönələn tədqiqatlar artsa da, süni intellekt tədqiqatları ilə fəlsəfi tədqiqatlar arasındakı mühüm metodoloji fərqliliklərin davam etməsi ehtimalı var. İnançlara sahib sistemlər yaratmanın, mühakimə aparma və plan qurma kimi əsasları təmin etməsi halında süni intellektin faydalı olacağı düşünülür. Bugün süni intellektə dair tədqiqat aparan fəlsəfi mütəxəssisləri, real süni intellektin və süni şəxsiyyətin mümkün olub-olmaması məsələsinə diqqətlə müzakirə edir. Etika isə süni intellektin insan həyatına necə təsir göstərə biləcəyini araşdıraraq müxtəlif anlayışlar və nəzəriyyələr üzərində dayanır. Süni intellektin fəlsəfə ilə qarşılıqlı əlaqəsində diqqətə cəsarətli mühüm

amillərdən biri, indiyə qədər yalnız filosoflar tərəfindən araşdırılan zəhin, ruh, duyğu, ağıl kimi bir çox anlayışa ehtiyac duymasıdır. Bunun səbəbi, bir robotun insan səviyyəsində bir zəka və öz təcrübələrindən öyrənmə qabiliyyətinə sahib olabilməsi üçün gerçəklikləri nizamlaya biləcək ümumi bir dünyagörüşünə ehtiyacı olmasıdır. Bir robotun necə dizayn ediləcəyini düşündükdə, bir çox fəlsəfi sualın yeni formalar aldığı üzə çıxır. Kompüter texnologiyasının tez-tez insan şüuru ilə müqayisə edilməsi və əlaqəli tərəflərinin müzakirə edilməsi, süni intellekt və fəlsəfənin bir-biri ilə sıx əlaqəsini önə çıxarır. Kramer-in də irəli sürdüyü kimi, kompüterlərin insan zehni üçün bir alət və ya model olmadığı, əksinə insan biliklərinin bir aləti olaraq qiymətləndirilməsi lazım olduğu vurğulanmalıdır. Süni intellekt tədqiqatçıları və nəzəriyyəçiləri, insanın sahib olduğu düşünmə qabiliyyətlərinə çatan və insanı aşan daha yaxşı düşünmə və qərar vermə bacarığına malik inkişaf etmiş sistemlərin mümkün olduğunu iddia edirlər, hətta insan səviyyəsindəki süni intellekti həqiqi bir ehtimal olaraq görürlər. Bu iddialara qarşı, bəzi alimlər isə bu ehtimalın mümkünsüz olduğu fikrini paylaşır. Çoxlu süni intellekt araşdırıcıları və nəzəriyyəçiləri üçün, artıq aşağı performanslı süni intellektin mümkünsüz olmadığı şübhəsiz bir həqiqət olsa da, yüksək performanslı süni intellektlə bağlı hələ də şübhələr tamamilə aradan qaldırılmamışdır. (Aydın, 2013, s. 200-250)

Süni intellekt və fəlsəfənin, ümumiyyətlə, hər hansı bir elmin və o elmin fəlsəfəsi ilə olan qarşılıqlı əlaqəsindən daha çox ümumi cəhətləri vardır. Bunun səbəbi, insan səviyyəsindəki süni intellektin bir kompüter proqramını təchiz etməyi tələb etməsidir. Ayrıca, süni intellekt; hesablama təbiəti, qavrayış, ağıl yürütmə, öyrənmə, dil, hərəkət, qarşılıqlı əlaqə, şüur, insanlıq, həyat və s. kimi çox əsas sualları gündəmə gətirməsi və eyni zamanda bu sualların cavablanmasına əhəmiyyətli dərəcədə töhfə verməsi baxımından mühəndislik sahələri arasında bəlkə də bənzərsizdir. (Umut, Nur, 2018, s. 229-251) Adətən empirik tədqiqat şəklində görülən bu sahədə həm süni intellektlə maraqlanan filosoflar tərəfindən, həm də süni intellektin özündə vacib nəzəri işlər ənənəsi mövcuddur.

Süni intellektin mövcud olduğu ilk gündən bu yana fəlsəfə ilə olan əlaqəsinin mürəkkəbliyi müşahidə altında saxlanılmışdır. Mütəfəkkirlər öz söylərini çox vaxt süni intellekt fəlsəfəsinin sistematik bir təməlini sübuta yetirməyə yönəldərək, onun elmi fəlsəfə içindəki yerini tam olaraq qəbul etməməyə üstünlük verirlər. Zəkânın təbiəti ilə bağlı sualları cavablandırmağa üstünlük vermək və elmi bir disiplin olaraq süni intellektə dair baxışları nəzərdən keçirmək süni intellekt fəlsəfəsini, elmi fəlsəfənin bir hissəsi kimi düşünməyə səbəb olur. (Güzeldere, 1998, s. 27-41) İnsanlar kimi düşünən maşınlar icad etmək yalnızca kompüter elmlərinin və neyrobiologiyanın sahəsinə aid deyil, əslində fəlsəfə ilə də sıx əlaqəlidir. Süni intellektin gələcəkdəki integrasiyası üçün tələb olunan fəlsəfi arqumentlər ilə əlaqəsi olduqca vacibdir. Fəlsəfənin, süni intellektin inkişafını və özəl strukturunu nəzərə alaraq onu nəzəri səviyyədə ortaya qoymağa çalışması və süni intellektin inkişafının ön şərtlərini sualları və tənqidləri ilə birləşdirməsi, fəlsəfəni bəlkə də süni intellektin mərkəz nöqtəsinə çevirir.

Nəticə

Süni intellektin texnologiyada yaratdığı inqilab, fəlsəfədə də yeni bir paradigma ilə qarşılanır. L. Floridin sənaye inqilabından sonra "Dördüncü İnqilab" olaraq düşündüyü

süni intellekt, böyük məlumat və blockchain kimi yeni nəsil texnologiyaların sürətli inkişafı, kainatı yeni bir insan-maşın integrasiyası dövrünə gətirərkən, bu vəziyyət fəlsəfə sahəsində də yeni çətinliklər və fürsətlər yaradır. Süni intellekt nəzəriyyəsi artıq interdisipliner bir tədqiqat mövzusu olaraq qarşımıza çıxır. Fəlsəfədə böyük maraq görən süni intellekt, süni intellekt məntiqi, süni intellekt etikası, süni intellekt estetikası, süni intellekt sənəti və süni intellekt ədəbiyyat nəzəriyyələri kimi bir çox yeni tədqiqat sahəsini də özü ilə gətirir. (Koyuncu, 2022, s. 75-89) Üstəlik, yeni texnologiyaların insan və təbiət arasındakı əlaqəni dəyişdirdiyini nəzərə alaraq, yönümüzü insan istehsalı ilə insan, zəka ilə hikmət, etik ilə fayda arasındakı əlaqələrə çevirdiyimizdə, bütün bu inkişaf edən yeni texnologiyalar qarşısında fəlsəfənin yeni bir tədqiqat sahəsi doğurması qaçılmaz görünür. Nəticə etibarilə, insanüstü süni intellektin mümkün nəticələrini nəzərə alarkən, fəlsəfənin bu nöqtədə həm riski, həm də fürsəti qiymətləndirməkdə rolu olduğunu qeyd etmək lazımdır.

Hal-hazırda olduğumuz nöqtə nəzərə alındığında, süni intellekt və fəlsəfə arasındakı əlaqənin yenidən müzakirə edilməsi, xüsusilə texniki məhsullar və insanlar arasındakı əlaqənin gözdən keçirilməsi baxımından olduqca kritikedir. Elm, texnologiya və insan üçbucağındakı yeni əlaqənin səbəb olduğu fəlsəfi düşüncənin tənqidinin aparılması vacibdir. Fəlsəfənin, süni intellektin gözləntilərini və gələcəyini necə formalaşdırdığını, necə bir insan təsəvvür etdiyini və istehsal olunan texniki məhsulların insanlığın gələcəyini necə yönləndirdiyini ciddi şəkildə gündəminə alması və bu məsələnin süni intellekt fəlsəfəsinin əsas istiqamətlərindən biri olması vacibdir. Çünki süni intellekt texnologiyası, inkişafı və irəliləyişi ilə elmi və texnoloji sahələrdə yeni bir dalğa başlatarkən, fəlsəfənin bundan kənarda qalması mümkünsüzdür.

Qəbul edilmiş düşüncəyə görə, insanın bəzi aspektlərdən kosmosdakı bir çox varlıqdan üstün qabiliyyətlərlə təchiz edildiyi mübahisəsiz bir həqiqətdir. İstər insan olsun, istərsə də insan olmayan varlıqlar və ya maşınlar olsun, ağıllı varlığı müəyyən edən əsas fərqləndirici amilin yaradıcılıq olaraq qəbul edildiyi və insan ruhunun heç vaxt proqramlara bilməyəcəyi, buna görə də təbiəüstü olduğu diqqətə alınmalıdır. Yeni süni intellekt texnologiyasının gətirdiyi problemlərlə qarşılaşdıqda, fəlsəfənin məntiqi məsələləri yenidən düşünməsi və süni intellekti fəlsəfi bir problem olaraq mərkəzə alması vacibdir. Beləliklə, fəlsəfənin ən vacib rolu, süni intellektin yüksəlişinə şahidlik edərkən, süni intellektin insanlar üçün nəzarətdən çıxmasını təmin etmək olacaqdır.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Aydın, A. 2013. Süni İntellekt: İntegrasiya Olunmuş Bilik Yönündə. İstanbul: İstanbul Gelişim Üniversitesi Nəşriyyatı, 200-250
2. Güzeldere, Güven. 1998. Yapay Zekânın Dünü, Bugünü, Yarını. Cogito, 27-41.
3. Koyuncu, M. 2022. Çağdaş Zihin Felsefesinde Yapay Zeka: Tartışmalarına Bir Giriş: Taklitçilik Oyunu ve Çince Odası Argümanı. Çukurova Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi 30. Yıl Özel Sayısı 75-89
4. Umut, Tuba Nur. 2018. Ahlaki Yapılmamalı, İnsan Geliştirme Teknolojilerindeki Yapılabilirliği Sınırlandırılmalı mı? Darulfunun İlahiyat, 229-251.

5. Yeşilkaya, Nazan. 2022. Felsefi Bir Sorun Olarak Yapay Zeka. Bozok Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi ,97-126.

Abstract

This article, which encompasses significant philosophical arguments related to artificial intelligence, discusses the necessity of addressing AI as a philosophical problem. The aim of the paper is to highlight the role of philosophy in ensuring that the power brought by AI technologies, which impact every aspect of our lives, does not spiral out of control. Based on the thesis that the revolution of AI in technology requires the emergence of a new paradigm in the discipline of philosophy, it is argued that the development of AI algorithms, virtual reality, and big data technologies presents new challenges and opportunities for philosophy. The possibility of AI philosophy, which addresses issues surrounding the feasibility of AI, is grounded within historical processes. After the introduction of the problem, the philosophical roots of AI are briefly discussed with reference to thinkers such as Hobbes, Leibniz, and Descartes. In the final section, where AI is defined as a philosophical problem, the interaction between AI and philosophy is examined, and the philosophical discipline's significant role in investigating the fundamental principles, boundaries, and scope of AI is emphasized. The paper also explores why AI constitutes a philosophical problem.

Keywords: Artificial Intelligence, Philosophy, Philosophy of Artificial Intelligence

Аннотация

В данной статье рассматриваются важнейшие философские аргументы, связанные с искусственным интеллектом (ИИ), а также подчеркивается необходимость рассмотрения ИИ как философской проблемы. Цель статьи — привлечь внимание к роли философии в обеспечении того, чтобы сила, которую приносят технологии ИИ, оказывающие влияние на все сферы нашей жизни, не вышла из-под контроля. На основе тезиса о том, что революция ИИ в области технологий требует возникновения новой парадигмы в философии, утверждается, что развитие таких технологий, как алгоритмы ИИ, виртуальная реальность и большие данные, приносит философии новые вызовы и возможности. В статье также обоснована возможность философии ИИ в контексте исторических процессов. После введения в проблему кратко рассматриваются философские корни ИИ с упоминанием таких мыслителей, как Хоббс, Лейбниц и Декарт. В последней части статьи, где ИИ определяется как философская проблема, обсуждается взаимодействие ИИ и философии, подчеркивается важная роль философского дискурса в исследовании основных принципов, границ и области ИИ, а также обсуждается, почему ИИ является философской проблемой.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, философия, философия искусственного интеллекта

BÜYÜK DİL MODELİ UYGULAMALARININ DAVRANIŞSAL FİNANS YAKLAŞIMI: YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ SENARYO ANALİZİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17418568>

Özkan ŞAHİN

ozkansahin@duzce.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-5341-1274>

Düzce Üniversitesi, Nakhchivan State University

Özet

Bu çalışmada, büyük dil model (Large Language Model-LLM) tabanlı üretken yapay zeka olan ChatGpt 4o, Deepseek, Gemini 2.0 Flash, QwenChat 2.5 Max, ve Copilot uygulamalarının davranışsal finans ve yatırımcı psikoloji değerlendirmelerinde ne kadar olgunluk gösterebilecekleri 10 tane örnek senaryo üzerinden incelenmiştir. Çalışmanın temel amacı, günümüzde bireylerin yanı sıra kurumlar tarafından da kullanılan bu yapay zeka sistemlerinin finansal okuryazarlık, öz değerlendirme ve yatırımcı davranışları gibi temel kavramlara yönelik yorumlama düzeylerini değerlendirmektir. Çalışma, klasik finansın varsaydığı rasyonel yatırımcı modeline karşı geliştirilen davranışsal finans kuramlarının, LLM'ler tarafından ne ölçüde anlaşılabilirliğini ortaya koymayı hedeflemektedir. Elde edilen bulgular, platformlar arasında belirli senaryolarda benzerlikler olduğu kadar önemli yaklaşım farklarının da bulunduğunu göstermektedir. Bu farklar, yapay zekaların kullandığı veri kaynakları, algoritmalar ve bağlamsal duyarlılık düzeylerinden kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak LLM tabanlı uygulamalar genel anlamda davranışsal finans ilkelerini yorumlayabilme yeteneği gösterse de; karar verme süreçlerinde daha güvenilir, tutarlı ve açıklanabilir sonuçlar üretebilmeleri için veri kalitesi, alan uzmanlığı entegrasyonu ve etik ilkelere uyum gibi unsurların güçlendirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Davranışsal Finans, Büyük Dil Modelleri (LLM), Finansal Karar Alma, Üretken Yapay Zekâ

Abstract

This study examines the extent to which large language model (LLM)-based generative artificial intelligence applications—namely ChatGPT 4o, Deepseek, Gemini 2.0 Flash, QwenChat 2.5 Max, and Copilot—can demonstrate maturity in evaluating scenarios related to behavioral finance and investor psychology. The primary aim of the study is to assess the interpretative capabilities of these AI systems—now widely used by both individuals and institutions—with regard to key concepts such as financial literacy, self-assessment, and investor behavior. The study seeks to reveal the degree to which LLMs can comprehend behavioral finance theories, which were developed as a critique of the rational investor model assumed by classical finance.

The findings indicate that while there are some similarities in responses among platforms, there are also notable differences in their approaches. These variations stem from factors such as the data sources used by the models, algorithmic structures, and levels of contextual sensitivity. In conclusion, although LLM-based applications show a general ability to interpret the principles of behavioral finance, improvements in data quality, domain-specific integration, and adherence to ethical principles are necessary for them to produce more reliable, consistent, and explainable outcomes in decision-making processes.

AĞILLI BİNALARDA ENERJİNİN ÖZÜNÜ İDARƏ ETMƏSİNDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN İSTİFADƏSİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17418579>

Şirzad Babayev

sirzadbabayev27@gmail.com

ORCID: 0009-0004-5838-3734

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Xülasə: Binalar şəhərlərdə enerjinin əsas istehlakçılarından biridir, buna görə də bu problem ətrafında çoxlu araşdırmalar aparılmışdır. Xüsusilə yaxın illərdə binaların enerji idarəetmə sistemləri təkmilləşməlidir. Süni intellekt texnikaları bu təkmilləşdirmələrdə əsas rol oynayır və oynayacaqdır. Bu iş süni intellekt üsullarından istifadə edərək ağıllı bina üçün enerji idarəetmə sistemlərini təkmilləşdirmək üçün son illərdə aparılan tədqiqatlara dair ədəbiyyatın sistemli icmalını təqdim edir. İşin orijinallığı ondan ibarətdir ki, onlar “ Məlumatların Təhlili Tapşırıqlarının Avtonom Dövləri” konsepsiyasına uyğun olaraq qruplaşdırılıb və bu, muxtar idarəetmə sisteminin enerji səmərəliliyinin artırılması kimi ətraf mühətdə hədəflərə çatmaq üçün monitoring, təhlil və qərarların qəbulu kimi xüsusi tapşırıqlar tələb etdiyini müəyyən edir. İşin bu cür təşkili bizə təkcə tədqiqatların yerləşdirilməsini deyil, həm də hər bir sahədə mövcud problemlərin və imkanların vizuallaşdırılmasını müəyyən etməyə imkan verir. Bir çox tədqiqat növlərinin qərar qəbul etmə sahəsində olduğunu müəyyən etdik (optimallaşdırma və nəzarət tapşırıqları üzrə böyük əksəriyyəti) və məlumatların təhlili tapşırıqlarının, xüsusiyyət mühəndisliyi və ya çox agentli sistemlərin avtonom dövrlərinin inkişafı ilə bağlı potensial layihələri müəyyən etdik.

Açar sözlər: Enerji idarəetmə sistemi, Avtonom idarəetmə arxitekturası, Ağıllı bina, Süni intellekt, Sistemli ədəbiyyat icmal, Ağıllı şəbəkə

Giriş

Tikinti sektoru sənayeləşmiş ölkələrdə ümumi bərpa olunmayan enerji istehlakının demək olar ki, 40%-ni, istixana qazı emissiyalarının 40%-ni və elektrik enerjisindən istifadənin 70%-ni təşkil edir [1]. Binalar nəqliyyat və ya sənaye sektorlarından daha çox istehlak edir və bu, əsasən isitmə-soyutma, işıqlandırma və elektrik cihazlarına aid edilir. Bundan əlavə, bu ölkələrin qanunvericiliyi 2025-ci ilə qədər istehlak edilən enerjinin böyük hissəsinin bərpa olunan və CO₂-siz enerji mənbələrindən əldə edilməsini nəzərdə tutur. Enerji sistemlərinin bu keçidi ümumi enerji xərclərini minimuma endirmək üçün smart şəbəkə texnologiyalarına güclü sərmayənin qoyulmasına gətirib çıxarır . Ağıllı şəbəkə texnologiyaları enerji istehlakını azalda, elektrik şəbəkəsinin səmərəliliyini artırır və bərpa olunan texnologiyalardan elektrik enerjisi istehsalını idarə edə bilər . Bununla belə, binaların enerji səmərəliliyini artırmaq üçün smart şəbəkə texnologiyalarından istifadə yolları hələ də açıq məsələdir.

Digər tərəfdən, ağıllı binalar dinamik "canlı" orqanizm kimi düşünülür, burada texnologiyadan ən çox işıq dimmerləri və termostatlar gətirmək üçün istifadə olunur. Ağıllı binada (akademik, kommersiya, yaşayış və s.) yüzrlə element, o cümlədən İstilik, Havalandırma və Kondisioner (HVAC) sistemi, məişət texnikası və İnformasiya

Texnologiyaları (İT) cihazlarından gələn yüklər və s. nəzərə alınmalıdır. Ağıllı binaların əsas elementlərindən biri Bina Enerji İdarəetmə Sistemləridir (BEMS). BEMS binada enerji səmərəliliyini və qənaətini yaxşılaşdırmaq üçün strategiyaları birləşdirir. BEMS enerji təchizatı məlumatlarının monitorinqi, tələbin avtomatlaşdırılmış cavablandırılması, enerji istifadəsi anomaliyalarının aşkarlanması, enerji xərclərinə nəzarət və ya avtomatik idarəetmə kimi əsas enerji idarəetmə vəzifələrini həyata keçirməlidir. BEMS-lər və onların alt sistemləri haqqında çoxlu araşdırmalar var.

Yenə də, bu gün BEMS-in funksionallığını daha mürəkkəb edən mikro şəbəkələr, tələb tərəfi idarəetmə (DSM), yük planlaşdırma strategiyaları, peer-to-peer (P2P) elektrik ticarəti, enerji saxlama xidmətləri, enerji mərkəzi, enerji istehlakçıları, bərpa olunan enerji resursları (RES) və s. kimi ağıllı şəbəkə texnologiyaları ətrafında bir sıra yeni konsepsiyalar ortaya çıxır. Bu yeni kontekstdə enerji fasiləli, paylanmış, mobil və saxlanıla bilər. Məsələn, dəyişkənliyi və fasiləliliyi ilə səciyyələnən RES-in artan tendensiyası yaranan enerjinin proqnozlaşdırma qabiliyyətini azaldır. Bu atributlar BEMS-i daha çətinləşdirir, çünki binada normal işləməyi təmin etmək üçün daha çox çeviklik və sabitlik tələb olunur.

Bu gün BEMS-lər bu olduqca mürəkkəb və dəyişən ssenari üçün məlumatların monitorinqi, işlənməsi, təhlili və nəzarət imkanlarını həyata keçirmir. Buraxılmış bəzi aspektlərə uyğunlaşma, proqnozlaşdırıcı modelləşdirmə, multisensor birləşmə, dinamik optimallaşdırma və ya kontekstdən xəbərdarlıq daxildir, lakin bunlarla məhdudlaşmır. Beləliklə, Süni İntellekt (AI) sahəsi, enerji səmərəliliyini maksimum dərəcədə artırmaqla yanaşı, sənişinlərin rahatlığını təmin etmək üçün yaşayış davranışı, nasazlıq və ya hava proqnozu, enerjiden istifadə nümunələri kimi faydalı biliklər yaratmaq üçün ağıllı BEMS-lərin inkişafı üçün yeni yanaşmalar gətirir.

AI texnikaları ağıllı BEMS-də müxtəlif vəzifələr üçün istifadə edilə bilər. Məsələn, bunlar bu mühitlərə daxil edilə bilən modelləşdirmə (məsələn, çox agentli sistemlərlə), öyrənmə (məsələn, maşın öyrənməsi (ML) yanaşmaları ilə), əsaslandırma (məsələn, qeyri-səlis sistemlərlə) üçün istifadə edilə bilər. Bu işin motivasiyası bu mövzu ətrafında nələrin edildiyini bilmək, onu avtonom hesablamadan vahid nöqtəyi-nəzərdən təşkil etmək, səmərəli enerji idarəçiliyinə nail olmaqdır. Bu məqalənin əsası məlumatı təşkil etmək üçün avtonom hesablama kimi yeni süni intellekt əsaslı konsepsiyaları nəzərə alaraq, ağıllı binalarda enerjinin idarə edilməsi üçün süni intellekt üsullarından istifadə haqqında yeni bir çərçivə təqdim etməkdir.

Hazırkı sorğunun məqsədi ağıllı binalarda enerjinin idarə edilməsi üçün AI texnikalarından necə və nə vaxt istifadə ediləcəyi ilə bağlı müxtəlif yanaşmalar, strategiyalar və prosedurları bir araya gətirməkdir. Xüsusilə, bu məqalə Sistemli Ədəbiyyat İcmalından əldə edilən işləri təşkil etmək üçün ACODAT konsepsiyasına əsaslanır. Tədqiq olunan prosesi təkmilləşdirən məlumatların təhlili tapşırıqları toplusu kimi müəyyən edilir. Bu vəzifələr bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə olur və müxtəlif rollara malikdir: (1) prosesi müşahidə etmək, (2) baş verənləri təhlil etmək və şərh etmək, (3) onu təkmilləşdirmək üçün qərarlar qəbul etmək. Tapşırıqların qapalı dövrə kimi görünən bir dövrdə inteqrasiyası sistem problemlərinin avtonom həllinə imkan verir. Bu tapşırıqlar üçün nəzərdə tutulan modellər AI texnikalarına əsaslanır. Beləliklə, bu tədqiqatın məqsədi BEMS tətbiqləri üçün müxtəlif AI yanaşmalarının sistematik nəzərdən keçirilməsini təmin etməkdir. İcmalımızın məqsədi üçqatdır:

- Birincisi, BEMS problemlərində istifadə olunan süni intellekt üsullarına, eləcə də bu üsulların tətbiq olunduğu əsas spesifik tətbiqlərə hərtərəfli baxış təqdim etmək.

- İkincisi, enerji quruculuğu ekosistemində monitoring, təhlil və qərar qəbul etmək üçün süni intellekt üsullarından necə istifadə edildiyi barədə faydalı bələdçi təklif etmək. İş avtonom hesablama nöqtəyi-nəzərindən təşkil edilmişdir.

- Nəhayət, ACODAT konsepsiyası baxımından perspektivlər və gələcək tədqiqat yolları haqqında sistemli müzakirə təqdim etmək. Beləliklə, avtonom hesablama (monitoring, təhlil və s.) üçün tələb olunan bəzi mərhələlər üçün potensial vəzifələrin müəyyən edilməsi ilə yanaşı, ilkin avtonom dövrlər də təklif olunur.

Məlumatların təhlili tapşırığının əsas məqsədi məlumatlardan faydalı biliklər çıxarmaq və ona əsaslanan qərar qəbul etməkdir. Ümumiyyətlə, ACODAT arxitekturası sistemdə qərar qəbul etmə proseslərinə rəhbərlik etmək üçün təsviri, identifikasiya və proqnozlaşdırıcı modellər kimi müxtəlif modellər yarada bilər. Beləliklə, ACODAT nəzarət etdikləri prosesdə məqsədə çatmaq üçün birlikdə fəaliyyət göstərən məlumatların təhlili tapşırıqları toplusudur [1 , 2]. Tapşırıqlar dövrdə müxtəlif rollara malikdir və bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə olur. Rollar vegetativ dövrün nəzərdə tutulduğu məqsədə çatmaq üçün qərarlar qəbul etmək üçün prosesi müşahidə etmək, orada baş verənləri təhlil etmək və şərh etməkdir. Məlumatların təhlili tapşırıqlarının qapalı dövrəyə integrasiyası mürəkkəb problemləri həll etməyə imkan verir. Məlumatların təhlili tapşırıqlarının rolları aşağıdakılardır:

Monitoring: Bu tapşırıqlar nəzarət edilən sistemi müşahidə etməyə imkan verir. Onlar müxtəlif mənbələrdən sistemin davranışı haqqında məlumat və məlumatları tutmalı və məlumatları növbəti addımlar üçün hazırlamalıdır: ilkin emal, xüsusiyyət mühəndisliyi və s.

Təhlil: Bu tapşırıqlar nəzarət edilən sistemdə baş verənləri anlamağa və şərh etməyə imkan verməlidir. Beləliklə, bu tapşırıqlar zamanı sistemi başa düşmək üçün bilik modelləri müəyyən edilir.

Qərarların qəbulu: Bu vəzifələr nəzarət edilən sistemi təkmilləşdirməyə yönəlmiş əvvəlki təhlil əsasında zəruri tədbirləri müəyyənləşdirir və həyata keçirir. Bu tapşırıqlar tamamlandıqdan sonra proses monitoring və təhlil tapşırıqları ilə yenidən başlayır.

ACODAT anlayışı müxtəlif sahələrdə istifadə edilmişdir. Məsələn, Ağıllı Sınıf otaqlarında [1 , 2], Ağıllı şəhərlərdə [18] və sənaye 4.0 [19] və başqalarında istifadə edilmişdir . Digər tərəfdən, MIDANO (Məlumat Mining Tətbiqinin İnkişafı Metodologiyası) ACODAT arxitekturalarının dizaynını və inkişafını istiqamətləndirən metodologiyadır və üç mərhələdən ibarətdir [20]:

Mərhələ 1: Bu mərhələnin əsas məqsədi təşkilatı bilməkdir (məsələn, missiya, onun strateji məqsədləri, prosesləri, üzvləri və s.). Bundan əlavə, bu mərhələ problemin həlli üçün ACODAT-ı müəyyənləşdirir.

Mərhələ 2: Bu mərhələ verilənlərin analitik tapşırıqları üçün məlumatları hazırlayır . Beləliklə, məlumatların çıxarılması və çevrilməsi əməliyyatlarını müəyyən edir. O, avtonom dövrlər üçün faydalı dəyişənlərlə Minable Görünüşün (MV) tərifini və xüsusiyyətlərin çıxarılması, xüsusiyyətlərin azaldılması və xüsusiyyət seçimi üçün xüsusiyyət mühəndisliyi tapşırıqlarını ehtiva edir.

Mərhələ 3: Bu mərhələ avtonom dövrün bütün məlumat analitikası tapşırıqlarının həyata keçirilməsindən ibarətdir. Hər bir tapşırıq bir bilik modeli yaradır, məsələn, proqnozlaşdırıcı və ya təsviri modellər . Bu mərhələ avtonom dövrün həyata keçirilməsini də əhatə edir.

Ağıllı binalar və enerji aspektləri

Ümumiyyətlə, enerji istehlakı bu gün cəmiyyət və ətraf mühit üçün global problemdir, çünki enerjinin böyük hissəsi yanma nəticəsində istehsal olunur, təkrar emal olunmayan materiallar tələb olunur və atmosfərə arzuolunmaz istixana qazı (İQ) emissiyaları əmələ gəlir. Problem global miqyasda bir çox təşəbbüslərdən, məsələn, “Go Green” [20], Çində Aşağı Karbon Keçid Proqramı və Avropada Təxminən Sıfır Tikinti Strategiyası 2020 və digər tövsiyələr kimi diqqəti cəlb edir. Bu tendensiyanın davam etdirilməsi və zərərli təsirlərin minimuma endirilməsi üçün enerji səmərəliliyi və qənaət tələb olunur. Digər bir problem , neft, kömür, nüvə və ya hidravlik kimi ənənəvi mənbələrlə birgə mövcudluğu birləşdirməyi tələb edən fotovoltaiq (PV) hüceyrələr, külək turbinləri fermaları, geotermal qurğular və ya gelgit turbinləri kimi alternativ enerji mənbələrinin genişləndirilməsidir . İqtisadi səbəblər də agentləri istehlakla bağlı xərcləri azaltmaq yollarını tapmağa sövq edir. Uzun illərdir ki, istehlakçı tərəfə tətbiq olunan enerji strategiyaları Bina Avtomatlaşdırma Sistemlərinin (BAS) və ya Ev Avtomatlaşdırmasının birləşdirilməsi kimi idarəetmənin avtomatlaşdırılması və optimallaşdırılmasına əsaslanır . Texnologiya enerji səmərəliliyini artırmaq və əməliyyat xərclərini azaltmaq üçün yeni xətləri araşdırmaq və inkişaf etdirmək üçün ardıcıl konsepsiya yaratmaq üçün vasitə təmin etmişdir .

Ağıllı Enerji enerji istehsalının yaratdığı problemləri həll etdiyi üçün maraqlı bir yanaşmadır :

(1) Yaşıl Enerji ətraf mühitin mühafizəsi ilə məşğul olur;

(2) Davamlı Enerji bərpa olunmayan materialların tükənməsi ilə əlaqədardır; və

(3) Bərpa olunan Enerji yeni enerji mənbələrinin mövcud təchizatçılarla qarşılıqlı fəaliyyətinə çalışır. Smart Energy tədqiqatı rəqəmsal transformasiyanın gətirdiyi geniş imkanlardan istifadə etmək üçün enerji və İnformasiya və Kommunikasiya Texnologiyaları (İKT) sahələrində dərin bilik tələb edir . İKT-lərdə İnternet, Hər yerdə Hesablama (UC), Böyük Məlumat , Simsiz Sensor Şəbəkəsi (WSN), Xidmətə Yönlü Arxitektura (SOA) və mikroservislərdəki irəliləyişlər EMS-də yeni funksionallıqların integrasiyasına imkan verir (BEMS, Ev EMS (HEMS) və s.). Süni intellekt müxtəlif növ tapşırıqlara yaxınlaşaraq ağıllı enerjiddə mühüm rol oynayır: Monitoring, Təhlil və Qərarların qəbulu. Ağıllı enerji məqsədləri həyat keyfiyyətinin (QoL) və xidmətlərin keyfiyyətinin (QoS) yaxşılaşdırılması ilə tarazlaşdırılmalı və beləliklə, “ağıllı mühit” ilə yaxınlaşılmalıdır. Ən çox öyrənilən “ağıllı ssenarilər” “ağıllı bina”, “ağıllı ev”, “ağıllı sağlamlıq” və “ağıllı şəhər”dir ki, bu ssenarilərdən biri və ya onlar üçün birləşmiş dəst kimi qəbul edilə bilər.

Bina sistemləri istehsal olunan elektrik enerjisinin 32%-ni istehlak edir [1], optimallaşdırma və dəyişikliklərə uyğunlaşma strategiyalarına gətirib çıxarır. HVAC elektrik enerjisi, işıqlandırma, 17,1% və İT avadanlıqlarının 33%-dən çoxunu, 13,6%-ni istehlak edir [1]. Ağıllı Bina, müvafiq bina və sistem dizaynları və əməliyyatları ilə istifadəçilərin rahatlığı, təhlükəsizliyi və ya sahibinin qənaətliliyi kimi yaşayış keyfiyyətini

yaxşılaşdırır. Hava proqnozları, istifadəçilərin davranışı və ya yerin planlaşdırılması kimi kontekst məlumatları dəqiqliyi zənginləşdirir və enerji tarifləri ilə bağlı açıq hərracların avtomatik danışıqlarını həyata keçirməyə imkan verir. Rahatlıq, enerji və performans optimallaşdırma tələb edən əks məqsədlərdir. Orta və uzun müddətli dəyişikliklər qavrayışı üzərində işlər lazımdır. Yetmişinci illərdə Home Automation evdə işıqlandırma, kondisioner, istilik və ya məişət cihazlarına uzaqdan nəzarət etmək və idarə etmək üçün nəzərdə tutulmuşdu [1]. Ağıllı ev sektoru istehsal olunan enerjinin 22%-ni istehlak edir və səmərəsizliyə görə ümumi enerjinin 47%-i itirilir. Bu gün həm kiçik, həm də böyük yaşayış məntəqələri yeni problemlərlə üzləşir: (1) Plug-in Electric Vehicles (PEV) üçün tələb olunan ağır yüklər; (2) müxtəlif ənənəvi mənbələrin və ya alıcıların, Çox Enerji Sistemlərinin (FHN) və yerində RES-in səmərəli seçimi; və (3) modelləri daha dəqiqləşdirə biləcək böyük miqdarda məlumatın istismarı.

Paylanmış Enerji Resursları (DER) sürətlə genişlənir, çünki istifadəçilər istehlakçılara, yəni istehsalçılar və istehlakçılara çevrilir, PV hüceyrələri və digərləri ilə öz enerjisini yarada bilirlər, optimal provayder və ya optimal alıcıya keçid edə bilən HEMS və ya BEMS tələb olunur. Sadəcə fəvqəladə sistemlər deyil, mikro şəbəkələrin proaktiv istifadəsidir. İstifadəçilər üçün açar təslim həllər təmin etmək üçün istifadəçilər arasında P2P Elektrik Ticarəti ilə qarşılıqlı əlaqə və ya Enerji Qovşaqlarının yeni konsepsiyası kimi bir neçə yanaşma araşdırılır. Enerji Saxlama Sistemlərinin yaranması səmərəliliyi artırır, lakin EMS-lərdə əlavə funksionallıq tələb edir. İstehlakçı tərəfdə aparılan tədqiqatda ən maraqlı planlardan biri EV-nin yüklənməsi üçün RES-in istismarı, pik saatlarda bu cür yükləri təmin etmək üçün şəbəkənin həddən artıq ölçüdə yayınmaması və eyni zamanda xərclərin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına.

Ağıllı şəbəkə nöqtəyi-nəzərindən əsas hərəkətverici amillər aşağıdakılardan qaynaqlanır:

(1) əhalinin artımı; (2) yeni yük tələbləri; və (3) enerji səmərəsizliyi. Yeni yük tələbləri ənənəvi təchizatın RES və PEV kimi yeni tətbiqlərlə birgə mövcudluğu ilə xarakterizə olunur. Səmərəsizliyi bugünkü aşağı Pikdən Orta Güc Nisbətən (PAPR) görmək olar ki, bu da tələb-təklif balanssızlığına, elektrik kəsilməsinə və arzuolunmaz qiymət dəyişikliyinə səbəb ola bilər. Beləliklə, ağıllı şəbəkə mürəkkəbdir və layihələndirmək çətindir. ESS, mikroşəbəkələr, EV-lər kimi yeni elementlər tutumun əlavə edilməsini tələb edir, lakin yerli istehsal mənbələri onun bir hissəsini buraxır. Ağıllı sayğaclar məlumatları daha dəqiq edir, idarəetməni çətinləşdirir, lakin optimallaşdırmanı təkmilləşdirir. Tədqiqat yanaşmaları gücün əlavə edilməsinə və yük tələbinin Pik Yük Tərəş kimi tanınan pik saatlardan kənara çıxarılmasına diqqət yetirir.

DSM bu problemlərə yanaşır (1) enerji səmərəliliyinin və ya onun qorunmasının yaxşılaşdırılması, məsələn, planlaşdırma üçün oyun nəzəriyyəsinin tətbiqi; (2) Tələbə Cavab Proqramları (DRPs) yükləri dəyişdirməklə, kəsməklə və ya azaltmaqla cavab verən və ya cavab verməyən; və (3) yerində nəsil və saxlama ehtiyat nüsxəsi ilə [15]. DRP-lərə Birbaşa Yerli Nəzarət (DLC) və ya tələb təklifi kimi təşviqlər və ya Real-Time Qiymətləndirmə (RTP), İstifadə Vaxtı (ToU), Mailli Bloklanma Dərəcəsi (IBR), Kritik Pik Qiymətləndirmə (CPP) və ya Gün Qabaqda Qiymətləndirmə (DAP) kimi qiymətə əsaslanan yanaşmalardan istifadə etməklə əldə edilə bilər.

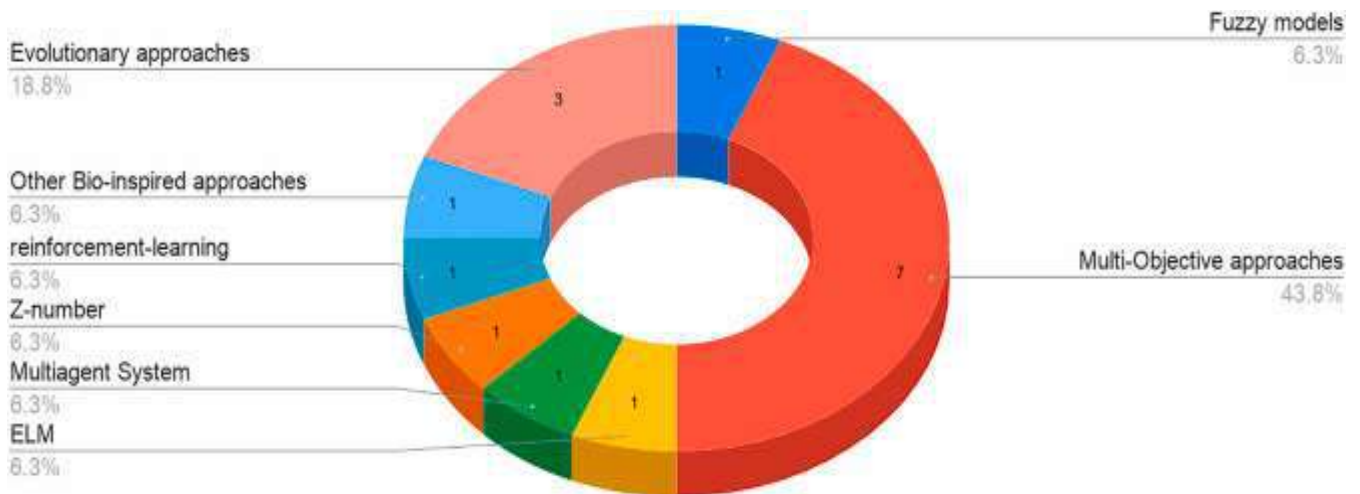
Fərqli müəlliflər bərpa olunan enerjini birləşdirən və ya olmayan ağıllı binalar üçün enerji idarəetmə alqoritmlərini təklif etdilər. Bütün bu tədqiqatlar eyni məqsədi güdür: sakinlərin rahatlığının optimallaşdırılması ilə gündəlik enerji xərclərinin minimuma endirilməsi. Vahid və başqa istifadəçi rahatlığını maksimuma çatdırmaq və yaşayış binaları üçün enerji istehlakını minimuma endirmək üçün çoxməqsədli optimallaşdırma problemi (MOOP) təklif edir. Bina daxilində temperaturun, işıqlandırmanın və havanın keyfiyyətinin enerji sərfiyyatı minimuma endirilir və bina daxilində istifadəçi rahatlığı maksimuma çatdırılır. Onlar dəyişənlərin hər biri üçün bir olmaqla üç qeyri-səlis nəzarətçidən istifadə edirlər. MOOP yanaşması müxtəlif çoxməqsədli optimallaşdırma üsulları (süni arı ailəsi (ABC), qarışqa koloniyasının optimallaşdırılması (ACO) alqoritmləri və Firefly alqoritm (FA)) ilə həll edilmişdir. Salehi karbon emissiyasını və satınalma xərclərini minimuma endirən bir-birinə bağlı çox enerjili mərkəzlərin (MEH) EMS-ni təklif edir. Bu əks məqsədlər arasında öhdəliyə çatmaq üçün ε -məhdudiyyət və maksimum-min qeyri-səlis qərar vermə üsullarından istifadə edirlər. Si və başqaları enerjiyə qənaət edən dizaynın optimallaşdırılması üçün istifadə olunan alqoritmləri qiymətləndirir. Onlar alqoritmlərin performansını qiymətləndirmək üçün sabitlik, möhkəmlik, etibarlılıq, sürət, əhatə dairəsi və yerlilik kimi bir sıra performans indekslərindən istifadə edirlər. Hooke-Jeeves alqoritm, Çox Məqsədli Genetik Alqoritm II və Çox Məqsədli Hissəcik Swarm Optimization alqoritm (MOPSO) qiymətləndirilir.

Delgarm və başqalarının işinin məqsədi binanın enerji səmərəliliyi və daxili istilik rahatlığı üçün simulyasiyaya əsaslanan çoxməqsədli optimallaşdırmanı müəyyən etməkdir ki, binanın komfort-enerji səmərəli konfigurasiyalarının optimal həllini tapsın. Onlar çoxməqsədli süni arı koloniyasının (MOABC) optimallaşdırma alqoritmni EnergyPlus bina enerjisi simulyasiya aləti ilə birləşdirən optimallaşdırma metodunu təklif edirlər. Braun və başqaları ağıllı binaların, yaşayış və ticarət binalarının iki fərqli parametrində cihazların, eləcə də istilik və kondisioner cihazlarının optimallaşdırılmasını təqdim edir. Hər iki ssenaridə məişət cihazlarının, eləcə də HVAC cihazlarının iş vaxtları və iş rejimləri enerji xərclərinin, CO₂ emissiyalarının və texniki aşınmanın minimuma endirilməsi, eləcə də rahatlığın maksimallaşdırılması, yəni narahatlığın minimuma endirilməsi baxımından optimallaşdırılır. Onlar real simulyasiyalarda dörd ən müasir alqoritm müqayisə edirlər: NSGA-II, NSGA-III və SPEA2. Du və Li iki texnikanı, DL və RL metodlarını birləşdirən ağıllı multi-mikroqrid (MMG) üçün EMS müəyyən edir. Mikro şəbəkələr dəsti yerli istehlakı saxlamaq üçün enerji almaq üçün əsas paylama sistemə qoşulur. Məqsəd tələb tərəfi olan PAPR-ni azaltmaq və enerji satışından əldə edilən gəliri artırmaqdır.

Bir çox tədqiqatlar binaların ətraf mühitə təsirlərini qiymətləndirmək üçün Həyat Dövrünün Qiymətləndirilməsi (LCA) metodologiyasından istifadə edir. LCA tədqiqatında bütün mümkün ssenariləri təhlil etmək üçün əhəmiyyətli mənbələr olduğundan hesablama optimallaşdırma üsullarından istifadə olunur. Harmati və başqaları. Ofis binalarının ümumi enerji performansının yaxşılaşdırılması üçün bir yanaşma təklif edir. Onlar çox kriteriyalı optimallaşdırma yanaşmasından istifadə edərək optimallaşdırılmış bina zərfinin modelini formalaşdırırlar, bu da daxili işıqlandırmanın keyfiyyətini nəzərə alaraq pəncərənin divara nisbətinin (WWR) və pəncərə həndəsəsinin səmərəliliyini müəyyən edir, sonra isə şüşələmə parametrlərinin illik enerji tələbatına

təsirini qiymətləndirir. Bre və başqalarının tədqiqatının məqsədi. [20] yaşayış binalarının enerji və istilik performansını optimallaşdırmaqdır, evdə hər iki performansın çəkili cəmi kimi müəyyən edilmiş obyektiv funksiya əsaslanaraq. Həmçinin, dizayn dəyişənlərinin məqsəd funksiyasına təsirini müəyyən etmək üçün həssaslıq təhlili aparıldı. Nəhayət, GA-dan istifadə edərək bu optimallaşdırma problemini həll etdilər. Azari və başqa ofis binasında ətraf mühitə təsirlərə enerji istifadəsini və həyat dövrü töhfəsini nəzərə alaraq optimal bina zərfinin dizaynını tapmaq üçün çoxməqsədli optimallaşdırma alqoritmindən istifadə edin. Onlar dizayn üçün bir neçə aspekti nəzərə alırlar, məsələn, pəncərə növü, pəncərə çərçivəsinin materialı, şüşə növü, divarın istilik müqaviməti, izolyasiya materialı və cənub və şimal WWR. LCA-nın nəticələri optimal dizayn birləşməsinə müəyyən etmək üçün optimallaşdırma texnikası kimi hibrid ANN və GA əsaslı yanaşmada istifadə olunur. Liu və başqalarının kağızı. [62] aqreqator kimi tanınan bir sıra iştirakçıların olduğu 'paylayıcı şəbəkə bazarında' enerji ticarətinə diqqət yetirir. Aqreqatorların öz aqreqatorlarını seçən paylanmış resurs sahibləri ilə müqavilələri var. Paylanmış enerji resursları sahiblərinin maliyyə faydalarını optimallaşdırmaq üçün mərkəzləşdirilməmiş enerji ticarəti üçün dinamik qiymət metodologiyasından istifadə edirlər. Bu yazıda iştirakçıları modelləşdirmək üçün Java Agent İnkişaf Çərçivəsi (JADE) əsaslı multi-agent sistemi tətbiq edilir. Chen və başqaları proqnozlaşdırma-inteqrasiya strategiyasının optimallaşdırılması (PISO) modelini təklif edir. Onların bazar proqnozlaşdırma modeli ELM texnikasına əsaslanır və istehlakçıların tender hərəkətləri ilə bazar reaksiyaları arasındakı əlaqələri öyrənir. Bu model istehlakçıların iştirakını asanlaşdırmaq üçün davamlı ikiqat auksion (CDA) bazarında istifadə edilə bilər. Ma və başqaları [19] Smart Building Cluster (SBC) konsepsiyasını təklif edir və qeyri-kooperativ oyun nəzəriyyəsinə əsaslanaraq SBC üçün çoxtərəfli EMS müəyyən edir. Bu kontekstdə bütün iştirakçı SBC-lərə oyunun oyunçuları kimi baxılır. EMS bina ilə inteqrasiya olunmuş PV sistemlərini və avtomatik tələb cavabını (ADR) nəzərdən keçirir. Nəhayət, modeldəki Nash tarazlığı MOOP ilə müəyyən edilir.

Son illərdə RES-dən istifadəyə maraq var, lakin enerji sistemlərində bu resursların yüksək qeyri-müəyyənliyi səbəbindən davamlılıq və sabitlik böyük problemə çevrilib. Roukerd və başqaları maksimum mövcud gücü və generasiya qurğularının reaksiya müddətini nəzərə alaraq mövcudluğun qiymətləndirilməsi üçün indeks təsvir edir. Xüsusilə, ağıllı şəbəkə mühitində bərpa olunan enerji mənbələrinin qeyri-müəyyənlik problemlərinin həlli üçün virtual tələb cavab resurslarından (DRR) istifadə olunur. Onlar mümkün-ehtimal metodu olan Z rəqəmi yanaşmasından istifadə edərək DRR-lərin qeyri-müəyyənliyini modelləşdirirlər. Təchizat yönlü resursların qeyri-müəyyənliyi də minimum ümumi əməliyyat xərcləri ilə optimal mövcudluq indeksini müəyyən etmək üçün onların yanaşmasında nəzərə alınır. Nəhayət, Kim və Lim xarici şəbəkəyə qoşulmuş ağıllı enerji binası üçün EMS-i, eləcə də RES, ESS və avtomobildən şəbəkəyə stansiya daxil olmaqla paylanmış enerji resurslarını nəzərdən keçirirlər. Birincisi, EMS Markov qərar prosesindən istifadə edərək modelləşdirilir. Daha sonra, naməlum gələcək məlumatlar altında hədəf ağıllı enerji binasının əməliyyat enerji xərclərini azaltmaq üçün RL əsaslı enerji idarəetmə alqoritmi təklif olunur. Şəkil 7 optimallaşdırma tapşırıqları üçün nəzərdən keçirilən işlərdə istifadə edilən AI üsullarını göstərir. Əsas istifadə edilən üsullar çoxməqsədli yanaşmalardır, bəziləri EA-ya əsaslanır.



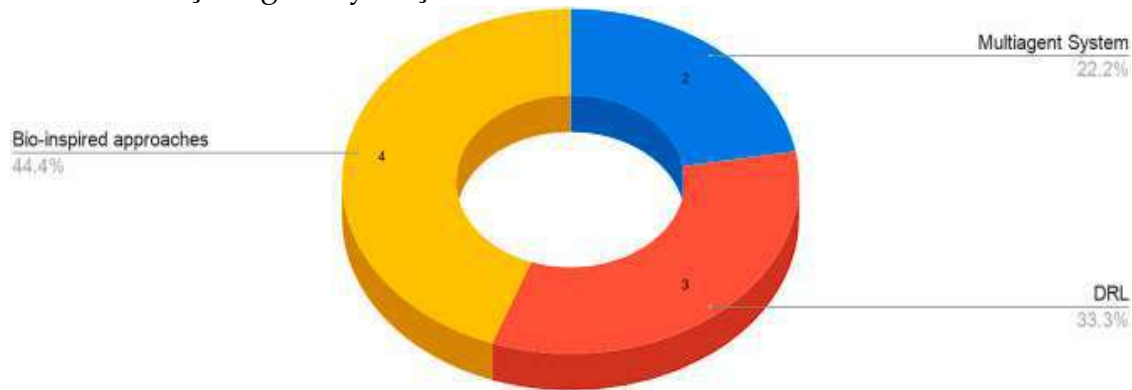
Planlaşdırma modelləri

Ullah və başqaları üç məqsədə nail olmaq üçün yük vahidlərinin qrafiki mexanizmini təsvir edir: istehlak olunan enerji xərclərinin minimuma endirilməsi, pik-orta güc nisbəti və cədvəl yükü səbəbindən istehlakçının gözləmə müddəti. Sənayedə əvvəlki məqsədlərə nail olmaq üçün onlar iki bio-ruhlandırmış evristik üsulları təhlil edirlər : Grasshopper-Optimization Alqoritmi və Ququ Axtarış Optimizasiyası Alqoritmi (CSOA). Rəşid və başqaları real vaxt qiymət mühiti altında yaşayış yükünün idarə edilməsi üçün enerji xərclərini, istifadəçi narahatlığını və pik yük tələbini minimuma endirmək üçün nəzarət sistemi təklif edir. Təklif multi-agent əsaslı çoxqatlı iyerarxiyaya və bu uyğun gəlməyən məqsədlərə istifadəçilər arasında real vaxt rejimində məlumat mübadiləsindən istifadə edərək yük planlaşdırması ilə nail olmaq fikrinə əsaslanır. Chouikhi və başqaları multi-agent sistemləri və oyun nəzəriyyəsindən istifadə edərək ağıllı binalarda iki EMS təqdim edir. Onlar paylanmış enerji tələbatının planlaşdırılması yanaşmasından istifadə edərək enerji tələbatının dəyərini optimallaşdırır və çoxlu lider-izləyici oyun nəzəriyyəsi əsasında provayderlər və istehlakçılar arasında qarşılıqlı əlaqəni modelləşdirir.

Liu və başqalarının işi IoT əsaslı EMS üçün enerji planlaşdırma sxemini təqdim edir. Onlar DRL alqoritmi əsasında cihazları planlaşdırmaq üçün iki növ planlaşdırma metodu hazırlayırlar: kənar və kooperativ metod. Birinci üsulda kənar server DRL alqoritmindən istifadə edən enerji planlaşdırma tapşırığını yerinə yetirir. İkinci üsulda DL təlimi bulud serverində aparılır və kənar server bulud serveri tərəfindən hesablanmış həlli qəbul edilir. Başqa bir araşdırmada smart şəbəkə kontekstində BEM-lər üçün cədvəllərin onlayn optimallaşdırılmasını yerinə yetirmək üçün DRL-dən istifadənin faydalarını araşdırın. Xüsusilə, onlar iki DRL metodunu, Deep Q-learning və Deep Policy Gradient-i araşdırırlar

Aslam məişət texnikası ilə məşğul olan istehlakçılar üçün meta-evristik üsullara əsaslanan məişət cihazlarının planlaşdırma problemini həll etmək üçün DSM yanaşmasını təklif edir. Beləliklə, onlar GA, CSOA və Crow Axtarış Alqoritmindən istifadə edərək BEMS-də səmərəli HEM sxemi təklif edirlər ki, bunlar minimum istifadəçi gözləmə vaxtı ilə elektrik enerjisi xərcləri və pik yükün yaxşılaşdırılması üçün istifadə olunur. Cabarullah və başqaları kiçik və orta miqyaslı tələblər üçün optimal qısamüddətli planlaşdırmanı müəyyən etmək üçün süni arı koloniyası alqoritmindən istifadə edərək enerji mərkəzləri üçün planlaşdırma yanaşmasını təsvir edir. Enerji mərkəzləri idarə olunan yükləri idarə etməli və elektrik, soyutma və istilik tələblərini təmin etməlidir. Şəkil

1 optimallaşdırma tapşırıqları üçün nəzərdən keçirilən işlərdə istifadə olunan AI üsullarını göstərir. Əsas istifadə edilən üsullar bio-ruhlandıran yanaşmalardır, istifadə olunan digər iki üsul isə DRL və çox agentli yanaşmalardır.



Nəticə

Süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının enerji sektoruna integrasiyası, enerji istehsalı, paylanması və istehlakında əhəmiyyətli dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Sİ, enerji istehsalının optimallaşdırılması, enerji səmərəliliyinin artırılması və karbon emissiyalarının azaldılması kimi sahələrdə mühüm rol oynayır. Məsələn, Sİ əsaslı sistemlər, binalarda enerji istehlakını təhlil edərək anomaliyaların aşkarlanmasına və enerji səmərəliliyinin artırılmasına kömək edir.

Bundan əlavə, Sİ texnologiyaları, enerji sistemlərinin təhlükəsizliyinin və sabitliyinin təmin edilməsində də istifadə olunur. Sİ əsaslı proqnozlaşdırıcı texnologiyalar, enerji sistemlərində potensial problemləri əvvəlcədən müəyyən edərək, sistemin davamlılığını və etibarlılığını artırır.

Türkiyədə də Sİ texnologiyalarının enerji sektorunda tətbiqi üzrə tədqiqatlar aparılır. Məsələn, su dalğa enerjisi istehsalında Sİ texnologiyalarının istifadəsi ilə bağlı tədqiqatlar, bu texnologiyanın enerji istehsalında potensialını göstərir.

Nəticə etibarilə, Sİ texnologiyalarının enerji sektorunda tətbiqi, enerji istehsalının və istehlakının optimallaşdırılması, enerji səmərəliliyinin artırılması və karbon emissiyalarının azaldılması kimi sahələrdə əhəmiyyətli potensiala malikdir. Bu texnologiyaların daha geniş miqyasda tətbiqi, enerji sektorunun daha dayanıqlı və effektiv olmasına töhfə verəcəkdir.

Ədəbiyyat siyahısı:

1. Minoli, D., Sohraby, K., & Occhiogrosso, B. (2017). IoT considerations, requirements, and architectures for smart buildings—Energy optimization and next-generation building management systems. *IEEE Internet of Things Journal*, 4, 269–283.
2. Aguilar, J., Cordero, J., & Buendia, O. (2018). Specification of the autonomic cycles of learning analytic tasks for a smart classroom. *Journal of Educational Computing Research*, 56(6), 866–891.
3. Aguilar, J., Buendia, O., Pinto, A., & Gutierrez, J. (2019). Social learning analytics for determining learning styles in a smart classroom. *Interactive Learning Environments*. Taylor & Francis.

4. Plageras, A., Psannis, K., Stergiou, C., Wang, H., & Gupta, B. (2018). Efficient IoT-based sensor BIG Data collection–Processing and analysis in smart buildings. *Future Generation Computer Systems*, 82, 349–357.
5. Zhou, K., Fu, C., & Yang, S. (2016). Big data driven smart energy management: From big data to big insights. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 215–225.
6. Antonopoulos, I., Robu, V., Couraud, B., Kirli, D., Norbu, S., Kiprakis, A., Flynn, D., Elizondo-Gonzalez, S., & Wattam, S. (2020). Artificial intelligence and machine learning approaches to energy demand-side response: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 130.
7. Kumari, A., Gupta, R., Tanwar, S., & Kumar, N. (2020). Blockchain and AI amalgamation for energy cloud management: Challenges, solutions, and future directions. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 143, 148–166.
8. Molina-Solana, M., Ros, M., Ruiz, M. D., Gómez-Romero, J., & Martin-Bautista, M. (2017). Data science for building energy management: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 598–609.
9. Verma, A., Prakash, S., Srivastava, V., Kumar, A., & Mukhopadhyay, S. (2019). Sensing, controlling, and IoT infrastructure in smart building: A review. *IEEE Sensors Journal*, 19(20), 9036–9046.
10. Lazaroova-Molnar, S., Shaker, H., Mohamed, N., & Jorgensen, B. (2016). Fault detection and diagnosis for smart buildings: State of the art, trends and challenges. *3rd MEC International Conference on Big Data and Smart City*.
11. Hameed, P., Mohd Nor, N., Nallagownden, P., Elamvazuthi, I., & Ibrahim, T. (2014). A review on optimized control systems for building energy and comfort management of smart sustainable buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 409–429.
12. Schmidt, M., & Åhlund, C. (2018). Smart buildings as Cyber-Physical Systems: Data-driven predictive control strategies for energy efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 742–756.
13. Chinchero, H., & Alonso, J. (2020). A review on energy management methodologies for LED lighting systems in smart buildings. *IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering*.
14. Sadeghi, H., Rashidinejad, M., Moeini-Aghaie, M., & Abdollahi, A. (2019). The energy hub: An extensive survey on the state-of-the-art. *Applied Thermal Engineering*, 161.
15. Silva, N., Khan, M., & Han, K. (2020). Futuristic sustainable energy management in smart environments: A review of peak load shaving and demand response strategies, challenges, and opportunities. *Sustainability*, 12.
16. Mariano-Hernández, L., Hernández-Callejo, L., Zorita-Lamadrid, A., Duque-Pérez, O., & Santos García, F. (2021). A review of strategies for building energy management system: Model predictive control, demand side management, optimization, and fault detect & diagnosis. *Journal of Building Engineering*, 33.
17. Himeur, Y., Alsalemi, A., Al-Kababji, A., Bensaali, F., Amira, A., Sardianos, C., Dimitrakopoulos, G., & Varlamis, I. (2021). A survey of recommender systems for

- energy efficiency in buildings: Principles, challenges and prospects. *Information Fusion*, 72.
18. Aguilar, J., Garces-Jimenez, A., Gallego-Salvador, N., Gutiérrez de Mesa, J., Gómez-Pulido, J., & García-Tejedor, A. (2019). Autonomic management architecture for multi-HVAC systems in smart buildings. *IEEE Access*, 7, 123402–123415.
 19. Sanchez, M., Exposito, E., & Aguilar, J. (2020). Autonomic computing in manufacturing process coordination in industry 4.0 context. *Journal of Industrial Information Integration*, 19.
 20. Pacheco, F., Rangel, C., Aguilar, J., Cerrada, M., & Altamiranda, J. (n.d.). Methodological framework for data processing based on the Data Science paradigm.

Abstract: Buildings are one of the main consumers of energy in cities, which is why a lot of research has been generated around this problem. Especially, the buildings energy management systems must improve in the next years. Artificial intelligence techniques are playing and will play a fundamental role in these improvements. This work presents a systematic review of the literature on researches that have been done in recent years to improve energy management systems for smart building using artificial intelligence techniques. An originality of the work is that they are grouped according to the concept of “Autonomous Cycles of Data Analysis Tasks”, which defines that an autonomous management system requires specialized tasks, such as monitoring, analysis, and decision-making tasks for reaching objectives in the environment, like improve the energy efficiency. This organization of the work allows us to establish not only the positioning of the researches, but also, the visualization of the current challenges and opportunities in each domain. We have identified that many types of researches are in the domain of decision-making (a large majority on optimization and control tasks), and defined potential projects related to the development of autonomous cycles of data analysis tasks, feature engineering, or multi-agent systems, among others.

Keywords: Energy management system, Autonomous management architecture, Smart building, Artificial intelligence, Systematic literature review, Smart grid

Аннотация: Здания являются одними из основных потребителей энергии в городах, поэтому вокруг этой проблемы было проведено много исследований. Особенно системы управления энергопотреблением зданий должны улучшиться в ближайшие годы. Методы искусственного интеллекта играют и будут играть фундаментальную роль в этих улучшениях. Эта работа представляет собой систематический обзор литературы по исследованиям, которые были проведены в последние годы для улучшения систем управления энергопотреблением для интеллектуальных зданий с использованием методов искусственного интеллекта. Уникальность работы заключается в том, что они сгруппированы в соответствии с концепцией «Автономные циклы задач анализа данных», которая определяет, что автономная система управления требует специализированных задач, таких как мониторинг, анализ и задачи принятия решений для достижения целей в окружающей среде, таких как повышение энергоэффективности. Такая организация работы позволяет нам установить не только позиционирование исследований, но и

визуализацию текущих проблем и возможностей в каждой области. Мы определили, что многие типы исследований находятся в области принятия решений (большинство из них посвящены задачам оптимизации и управления), и определили потенциальные проекты, связанные с разработкой автономных циклов задач анализа данных, проектированием функций или многоагентными системами, среди прочего.

Ключевые слова: Система управления энергопотреблением, Архитектура автономного управления, Умное здание, Искусственный интеллект, Систематический обзор литературы, Умная сеть

TƏHSİL MÜHİTİNDƏ ÜNSİYYƏT BACARIQLARININ FORMALAŞMASINDA SÜNİ İNTELLEKTİN PSIXOLOJİ TƏSİRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17418639>

Nərmin Mədədli

Mddliinn888@gmail.com

Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu

Xülasə

Müasir təhsil mühitində süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi ünsiyyət bacarıqlarının formalaşdırılması sahəsində yeni imkanlar yaratmışdır. Məqalədə süni intellekt sistemlərinin şagirdlərin sosial, emosional və akademik inkişafına psixoloji təsiri araşdırılmışdır. Eyni zamanda, bu texnologiyaların şagirdlərin emosional vəziyyətlərinə uyğunlaşaraq ünsiyyət bacarıqlarını necə stimullaşdırma biləcəyi izah edilmişdir. Məqalədə süni intellektin düzgün və məqsədyönlü istifadəsinin şagirdlərin sosiallaşmasına və ünsiyyət keyfiyyətlərinin inkişafına müsbət təsir göstərdiyi, lakin texnologiyadan sui-istifadənin bəzi risklər yaratdığı vurğulanmışdır. Nəticə olaraq, süni intellekt texnologiyalarının təhsildə psixoloji aspektlərə əsaslanaraq tətbiq olunmasının vacibliyi qeyd edilmişdir. Müasir təhsil mühitində süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi ünsiyyət bacarıqlarının formalaşdırılması sahəsində yeni imkanlar yaratmışdır. Məqalədə süni intellekt sistemlərinin şagirdlərin sosial, emosional və akademik inkişafına psixoloji təsiri araşdırılmışdır. Eyni zamanda, bu texnologiyaların şagirdlərin emosional vəziyyətlərinə uyğunlaşaraq ünsiyyət bacarıqlarını necə stimullaşdırma biləcəyi izah edilmişdir. Məqalədə süni intellektin düzgün və məqsədyönlü istifadəsinin şagirdlərin sosiallaşmasına və ünsiyyət keyfiyyətlərinin inkişafına müsbət təsir göstərdiyi, lakin texnologiyadan sui-istifadənin bəzi risklər yaratdığı vurğulanmışdır. Nəticə olaraq, süni intellekt texnologiyalarının təhsildə psixoloji aspektlərə əsaslanaraq tətbiq olunmasının vacibliyi qeyd edilmişdir.

Açar sözlər: süni intellekt, ünsiyyət bacarıqları, təhsil mühiti, psixoloji təsir, emosional inkişaf, sosial bacarıqlar, şagirdlər

Giriş

Müasir dövrdə təhsil mühitinin inkişafı texnologiyanın, xüsusilə də süni intellekt sistemlərinin integrasiyası ilə yeni mərhələyə qədəm qoymuşdur. Təhsil prosesində şagirdlərin yalnız bilik əldə etməsi deyil, eyni zamanda ünsiyyət bacarıqlarının formalaşması da əsas hədəflərdən biri kimi ön plana çıxır. Ünsiyyət bacarıqları şagirdlərin sosiallaşması, emosional inkişafı və akademik nailiyyətləri üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Süni intellekt texnologiyaları bu sahədə yeni imkanlar yaradaraq, şagirdlərin ünsiyyət ehtiyaclarının qarşılınmasında və onların fərdi inkişafının dəstəklənməsində psixoloji baxımdan önəmli rol oynayır. Müxtəlif platformalar, təlim sistemləri və interaktiv proqramlar vasitəsilə şagirdlərin ünsiyyət bacarıqlarının stimullaşdırılması və inkişaf etdirilməsi istiqamətində yeni yanaşmalar formalaşmaqdadır.

Bu məqalədə süni intellekt texnologiyalarının təhsil mühitində şagirdlərin ünsiyyət bacarıqlarına psixoloji təsiri təhlil olunur, bu texnologiyaların psixoloji dəstək və sosial bacarıqların inkişafı baxımından təqdim etdiyi imkanlar araşdırılır.

Əsas hissə

Təhsil mühiti yalnız akademik biliklərin qazanılması üçün deyil, eyni zamanda emosional və sosial bacarıqların inkişafı baxımından da əhəmiyyətli bir platformadır. Əbülfəz Qasimov (2012) qeyd edir ki, təhsil prosesində effektiv kommunikasiya bacarığı şagirdlərin yalnız öyrənmə nəticələrinə deyil, həm də sosial adaptasiya qabiliyyətlərinə bilavasitə təsir edir. Bu mühitdə ünsiyyət bacarıqları, şagirdlərin özlərini ifadə etmə, başqaları ilə qarşılıqlı əlaqə qurma və sosial mədəniyyətin tələblərinə uyğunlaşma qabiliyyətlərinin inkişafını təmin edir. Ünsiyyət bacarıqları, şagirdlərin öz duyğularını anlama və başqalarının emosiyalarını dərk etmə bacarığını inkişaf etdirir, bu da onların şəxsi və sosial inkişafında mühüm rol oynayır.

Psixoloji nəzəriyyələrə görə, ünsiyyət yalnız bilik mübadiləsi deyil, həm də emosional əlaqə qurma, empati və sosial anlayışın inkişafı ilə əlaqədardır (Vygotsky, 1978, s. 23). Ünsiyyət bacarıqları, şagirdlərin öz hisslərini başa düşməsi və başqalarının emosiyalarını anlama qabiliyyətini gücləndirir, bu da onların şəxsi və sosial inkişafında əhəmiyyətli rol oynayır. Bu səbəbdən, təhsil mühitində ünsiyyət bacarıqlarının inkişafı şagirdlərin psixoloji rifahını artırır, onları özlərini daha inamlı hiss etmələrinə kömək edir.

Təhsil mühitində ünsiyyətin psixoloji əhəmiyyəti, həm də şagirdlərin ətraf mühitlə əlaqələrinin formalaşmasında əhəmiyyətlidir. Şagirdlərin sosial bacarıqları, təhsil mühitindəki digər insanlarla, o cümlədən müəllimlər, məktəb yoldaşları və ailə üzvləri ilə münasibətlərini təsir edir. Təbii ki, bu əlaqələrin qurulması şagirdin sosial və emosional inkişafı ilə sıx bağlıdır. Bu cür inkişaf, özünü ifadə etmə, münaqişələri həll etmə və müxtəlif sosial mühitlərdə uyğun davranışlar seçmə bacarıqlarını möhkəmləndirir.

Psixoloji yanaşmalar göstərir ki, şagirdlərin psixoloji və emosional inkişafı ilə əlaqədar ünsiyyət bacarıqları, onların akademik fəaliyyətlərinə də müsbət təsir edir. Əlizadə Əsgərov (2007) da vurğulayır ki, təhsil mühitində şagirdlərin emosional rifahı və psixoloji dəstəyi onların təhsil nailiyyətlərinin və sosial bacarıqlarının əsas təməlidir. Məktəbdə şagirdlər arasında yaradılan müsbət ünsiyyət mühiti, onların təhsil prosesinə olan motivasiyasını artırır, məktəbə olan münasibətlərini yaxşılaşdırır və daha effektiv öyrənmə şəraiti yaradır. Bu xüsusiyyətlər həmçinin məktəbdəki fərqli təhsil yanaşmalarını daha məhsuldar edir, çünki şagirdlər öz hisslərini və fikirlərini azad şəkildə ifadə edə bilirlər.

Bundan əlavə, şagirdlərin ünsiyyət bacarıqlarının inkişafı onların gələcək həyatlarında da mühüm rol oynayır. Bu bacarıqlar şəxsi və peşəkar həyatda müvəffəqiyyət üçün əsas amil kimi çıxış edir. Şagirdlər, təhsil müddətində əldə etdikləri ünsiyyət bacarıqları sayəsində, qarşılaşdıqları sosial vəziyyətlərdə müsbət nəticələr əldə etməyə, qarşılıqlı hörmət və anlayış yaratmağa daha hazırlıqlı olurlar.

Son illərdə təhsil sahəsində texnoloji inqilablar sürətlə inkişaf etməkdədir. Bu inkişafın ən önəmli istiqamətlərindən biri isə süni intellekt (AI) texnologiyalarının təhsil sisteminə inteqrasiyasıdır. Süni intellekt, məlumatın işlənməsi, öyrənmə, təhlil və təcrübə vasitəsilə insan kimi düşünmə qabiliyyətinə malik texnologiya sahəsidir. Təhsildə bu texnologiyaların istifadəsi, şagirdlərin təhsil təcrübəsini daha fərdiləşdirilmiş, interaktiv və təsirli etmək məqsədini daşıyır (Baker, 2019, s. 56).

Təhsil sahəsində süni intellektin tətbiqi müxtəlif istiqamətlərdə müşahidə olunur. Məsələn, fərdi öyrənmə planlarının yaradılması, şagirdlərin bacarıq səviyyələrinin qiymətləndirilməsi və təhsil prosesinin optimallaşdırılması süni intellektin əsas tətbiq sahələridir. Bununla yanaşı, təhsil mühitində AI texnologiyaları, müəllimlər üçün də müxtəlif dəstək alətləri təklif edir, bu da tədris prosesinin daha effektiv və şəxsiyyətə uyğun olmasını təmin edir (Zawacki-Richter et al., 2019, s. 89).

Müasir süni intellekt alətləri, şagirdlərin təhsil ehtiyaclarına uyğunlaşdırılmış təlim materialları və metodları təqdim edərək onların öyrənmə prosesini asanlaşdırır və fərdiləşdirir. Məsələn, AI əsaslı öyrənmə platformaları şagirdlərin əvvəlki məlumatlarını analiz edərək onlara fərdi tədris proqramları təklif edir, bu da onların daha sürətli və effektiv öyrənməsini təmin edir (Luckin et al., 2016, s. 34). Bu texnologiyalar şagirdlərin müxtəlif təhsil üslublarını nəzərə alaraq daha uyğun tədris materialları hazırlamağa imkan verir.

Bundan əlavə, süni intellektin təhsildə tətbiqi yalnız şagirdlərin akademik inkişafına deyil, həm də sosial və emosional inkişaflarına müsbət təsir göstərir. AI əsaslı tətbiqlər, şagirdlərə öz ünsiyyət bacarıqlarını inkişaf etdirmək üçün interaktiv alətlər təqdim edir. Məsələn, dil öyrənmə proqramları, şagirdlərə düzgün tələffüz və dil strukturlarını mənimsəmək üçün real vaxtda geri bildirim verir. Bu, şagirdlərin özlərini ifadə etmə və başqaları ilə düzgün ünsiyyət qurma qabiliyyətlərini inkişaf etdirir (Järvelä et al., 2021, s. 62).

Süni intellektin tətbiqi təhsil mühitində şagirdlərin psixoloji inkişafına da müsbət təsir göstərir. AI texnologiyalarının istifadə edilməsi, şagirdlərə öz təhsil prosesində daha çox nəzarət və müstəqillik hissi verərək onların özünə inamını artırır. Bu, şagirdlərin motivasiyasını və öyrənməyə olan marağını artırır, çünki onlar öz inkişaflarını daha açıq şəkildə izləyə bilirlər. Süni intellektin təqdim etdiyi şəxsiyyətə uyğun təhsil alətləri, şagirdlərin öz güclü və zəif tərəflərini müəyyən etməyə və inkişaf etdirməyə kömək edir.

Beləliklə, süni intellektin təhsil mühitinə inteqrasiyası, yalnız təhsil prosesini müasir texnologiyalarla optimallaşdırmaqla yanaşı, şagirdlərin ünsiyyət bacarıqlarını inkişaf etdirmək üçün də mühüm bir vasitədir. Bu texnologiyalar həm də şagirdlərin sosial və emosional inkişaflarını dəstəkləyir, onların daha çevik və effektiv ünsiyyət qurma qabiliyyətlərini artırır.

Süni intellekt texnologiyalarının təhsil mühitində tətbiqi, şagirdlərin ünsiyyət bacarıqlarının formalaşmasında yeni psixoloji imkanlar yaratmışdır. Ənənəvi təhsil modellərində ünsiyyət əsasən şagird-müəllim və şagird-şagird əlaqələri üzərindən inkişaf etdirilirdisə, müasir təhsil mühitində süni intellekt əsaslı tətbiqlər bu prosesə fərqli bir dinamika qatmışdır (Holmes et al., 2019, s. 72).

Psixoloji baxımdan süni intellekt texnologiyaları, şagirdlərə emosiyalarını ifadə etmək, sosial siqnalları dərk etmək və onlara uyğun reaksiya vermək bacarıqlarını inkişaf etdirmək üçün alternativ imkanlar yaradır.

İnteraktiv chatbotlar, virtual müəllimlər və adaptiv öyrənmə sistemləri şagirdlərlə dialoq quraraq, onların sosial qarşılıqlı əlaqə vərdişlərini gücləndirir. Bu cür sistemlər, şagirdlərin öz hisslərini və fikirlərini daha rahat və təhlükəsiz mühitdə ifadə etməsinə şərait yaradır (Chen et al., 2020, s. 18).

Bununla yanaşı, süni intellekt sistemləri şagirdlərin emosional vəziyyətlərini təhlil etmə və onlara uyğun təlim üsulları təqdim etmə imkanına malikdir. Məsələn, emosiyaları tanıyan proqramlar şagirdin narahatlıq, həyəcan və ya motivasiya səviyyəsini ölçərək fərdi yanaşmalar

təklif edir. Bu yanaşma, ünsiyyət prosesində empati qurmaq və emosional ehtiyacları düzgün anlamaq kimi psixoloji bacarıqların inkişafına şərait yaradır (D'Mello & Graesser, 2015, s. 49).

Digər tərəfdən, süni intellekt texnologiyaları şagirdlərin sosial-emosional öyrənmə bacarıqlarını (SEL) dəstəkləyən təlim mühitləri yaradır. SEL, şagirdlərin öz emosiyalarını tanımaq, empati qurmaq, məsuliyyətli qərarlar vermək və müsbət sosial münasibətlər qurmaq bacarıqlarını inkişaf etdirən əsas psixoloji sahələrdən biridir (CASEL, 2020, s. 5). Süni intellektin bu istiqamətdə istifadəsi, şagirdlərin ünsiyyət prosesində daha şüurlu və empatik davranışlar sərgiləməsinə kömək edir.

Bununla belə, süni intellekt texnologiyalarının ünsiyyət bacarıqları üzərində təsiri yalnız müsbət istiqamətdə olmur. Bəzi araşdırmalar göstərir ki, texnologiya vasitəsilə ünsiyyətin artması real sosial münasibətlərin zəifləməsinə, şagirdlərin üz-üzə ünsiyyət bacarıqlarında müəyyən çətinliklərin yaranmasına səbəb ola bilər (Turkle, 2015, s. 143). Buna görə də, süni intellektin təhsil mühitində tətbiqi zamanı şagirdlərin balanslı sosial bacarıqlarının qorunması və inkişafı ön planda tutulmalıdır. Süni intellekt texnologiyaları psixoloji baxımdan şagirdlərin ünsiyyət bacarıqlarının inkişafına həm yeni imkanlar açır, həm də müəyyən risklər yaradır. Bu səbəbdən, süni intellekt əsaslı tətbiqlərin hazırlanması və istifadəsi zamanı psixoloji prinsiplərə əsaslanaraq şagirdlərin emosional və sosial tələbatlarına həssas yanaşmaq vacibdir.

Nəticə

Nəticə olaraq qeyd etmək lazımdır ki, müasir təhsil mühitində süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi şagirdlərin ünsiyyət bacarıqlarının formalaşdırılması sahəsində yeni imkanlar yaratmışdır. Psixoloji baxımdan süni intellekt sistemləri şagirdlərin emosional vəziyyətlərinə uyğun adaptiv yanaşmalar təklif edərək onların sosiallaşma, empati və effektiv ünsiyyət bacarıqlarının inkişafına dəstək verir.

Bununla yanaşı, texnologiyadan düzgün istifadə olunmadıqda üz-üzə ünsiyyət bacarıqlarının zəifləməsi və sosial təcrid kimi mənfi təsirlər də müşahidə oluna bilər. Bu səbəbdən, süni intellekt əsaslı tətbiqlərin hazırlanması və istifadəsi zamanı psixoloji prinsiplərə əsaslanaraq şagirdlərin emosional və sosial ehtiyaclarının nəzərə alınması vacibdir.

Yekunda vurğulamaq lazımdır ki, süni intellekt texnologiyaları təhsildə şagirdlərin ünsiyyət bacarıqlarını dəstəkləyən, onların fərdi və sosial inkişafına töhfə verən effektiv vasitə kimi çıxış edə bilər. Lakin bu potensialın tam reallaşdırılması üçün texnologiyanın psixoloji baxımdan şüurlu və məqsədyönlü şəkildə tətbiqi zəruridir.

Ədəbiyyat siyahısı.

1. Əlizadə, Ə. Ə. (2007). Təhsildə psixoloji rifah və sosial bacarıqların inkişafı. Bakı: Təhsil Nəşriyyatı.
2. Əbülfəz, Q. (2012). Təhsil prosesində kommunikasiya bacarıqları və onların inkişafı. Bakı: Elm və Təhsil.

3. Baker, R. S. (2019). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Boston: Center for Curriculum Redesign.
4. CASEL. (2020). What is SEL? Collaborative for Academic, Social, and Emotional Learning. <https://casel.org/what-is-sel/>
5. Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. IEEE Access, 8, 75264–75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
6. D’Mello, S. K., & Graesser, A. C. (2015). Feeling, thinking, and computing with affect-aware learning technologies. In R. A. Calvo, S. K. D’Mello, J. Gratch, & A. Kappas (Eds.), The Oxford handbook of affective computing (pp. 419–434). Oxford University Press.
7. Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. Boston: Center for Curriculum Redesign.
8. Turkle, S. (2015). Reclaiming conversation: The power of talk in a digital age. New York: Penguin Press.

Summary

The integration of artificial intelligence technologies into the modern educational environment has created new opportunities for the development of communication skills. This paper examines the psychological impact of artificial intelligence systems on students’ social, emotional, and academic development. It explains how these technologies can stimulate communication skills by adapting to students’ emotional states. The study emphasizes that the correct and purposeful use of artificial intelligence positively influences students’ socialization and communication competencies, whereas misuse of technology may create certain risks. In conclusion, the paper highlights the importance of applying artificial intelligence technologies in education based on psychological principles.

Key words: Artificial intelligence, communication skills, educational environment, psychological impact, emotional development, social skills, students

Аннотация

Интеграция технологий искусственного интеллекта в современную образовательную среду создала новые возможности для развития коммуникативных навыков. В статье рассматривается психологическое воздействие систем искусственного интеллекта на социальное, эмоциональное и академическое развитие учеников. Объясняется, как эти технологии могут стимулировать коммуникативные навыки, адаптируясь к эмоциональному состоянию учеников. Исследование подчеркивает, что правильное и целенаправленное использование технологий искусственного интеллекта оказывает положительное влияние на социализацию учеников и развитие их

коммуникативных компетенций, в то время как неправильное использование технологий может привести к определенным рискам. В заключение подчеркивается важность применения технологий искусственного интеллекта в образовании, основанного на психологических принципах.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, коммуникативные навыки, образовательная среда, психологическое воздействие, эмоциональное развитие, социальные навыки, учащиеся

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON STUDENTS' PSYCHOLOGY

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17418850>

Narmin Mammadova
adonia_555@yahoo.com
Nakhchivan State University

Introduction

Artificial Intelligence (AI) is rapidly transforming various aspects of our daily lives, from healthcare to entertainment, and education is no exception. With its increasing influence, AI is reshaping how we interact with technology, automate tasks, and solve complex problems. As AI technologies become more integrated into educational environments, they are fundamentally altering the traditional learning experience. No longer confined to passive learning, students are now engaging with smart systems that can provide real-time feedback, adaptive learning pathways, and personalized educational experiences. These innovations promise to enhance the learning process, improve outcomes, and streamline various administrative tasks. However, while the positive aspects of AI in education—such as tailored lessons, data-driven insights into student performance, and the ability to automate repetitive tasks—are widely acknowledged, its effects on students' psychology are far more complex and nuanced.

Keywords: artificial intelligence, education, psychological impact, personalized learning, social isolation

On the surface, AI in education can seem like a revolutionary tool, allowing for greater personalization of learning and access to resources. Students can learn at their own pace, receive immediate feedback, and have their specific learning needs met more effectively. This personalized approach can significantly boost student engagement and confidence. However, as AI systems become more embedded in educational settings, they raise questions about their long-term psychological impacts. How does constant interaction with AI systems influence a student's emotional well-being, social development, and cognitive growth? Are students more motivated, or do they feel more pressured and isolated due to AI's presence in their learning environments?

In this article, we will explore the psychological impact of AI on students by delving into both the potential benefits and the challenges it presents. We will examine the positive outcomes, such as enhanced motivation, better learning outcomes, and increased engagement, while also addressing the potential risks, including the emotional strain caused by increased reliance on technology, the impact of social isolation, and the pressure to meet performance expectations. By understanding both the positive and negative psychological effects, we can better prepare for the integration of AI in education and ensure that it supports, rather than hinders, the holistic development of students. (Chaudhary & Naqvi, 2020, p. 133)

Enhancement of Personalized Learning and Motivation

One of the most profound transformations that artificial intelligence (AI) brings to the educational landscape is the enhancement of personalized learning. Traditional educational systems, while effective in many ways, often struggle to address the diverse needs of students within a standardized framework. In contrast, AI-powered educational tools are designed to identify and respond to individual learners' strengths, weaknesses, preferences, and learning styles. These systems can collect and analyze data on a student's progress in real time, using algorithms to adjust the content, pace, and difficulty of lessons accordingly. This results in a highly personalized learning experience that allows each student to advance through material in a way that maximizes comprehension and retention (Baker, 2016, p. 7).

AI can provide learners with targeted support by recommending specific learning materials, generating adaptive quizzes, and offering feedback that is both immediate and relevant to the student's current level of understanding. For instance, if a student struggles with algebra but excels in geometry, the system can prioritize algebra exercises while simultaneously encouraging continued

growth in geometry. Such precision in instructional delivery ensures that learners are neither overwhelmed by overly difficult tasks nor bored by material that is too simplistic. This tailored approach can significantly enhance a student's motivation to engage with the content, leading to more consistent study habits and better academic outcomes over time.

Increased Confidence: A personalized learning environment empowers students to take control of their learning journey, which can result in a notable increase in self-confidence. As students progress through lessons at a pace that suits them, they gain a sense of accomplishment by overcoming academic challenges on their own terms. This self-directed progress reduces the fear of failure often associated with rigid classroom pacing and standardized assessments. Moreover, AI can recognize different learning styles—visual, auditory, kinesthetic—and adapt content delivery to align with each student's most effective learning mode. This personalized attention minimizes frustration and promotes a more positive and inclusive learning experience, especially for students who may have previously struggled in traditional settings.

Increased Engagement: Engagement is a critical component of effective learning, and AI has proven effective in enhancing this aspect as well. Through features such as interactive simulations, gamified learning modules, real-time progress tracking, and multimedia resources, AI-driven platforms can make learning more dynamic and enjoyable. Immediate feedback not only reinforces correct answers but also helps students understand their mistakes, encouraging iterative learning. Furthermore, the ability to visualize progress and receive rewards or acknowledgments for achievements—common features in many AI-based learning platforms—helps maintain motivation and a sense of progress. Students are more likely to remain engaged when they feel their efforts are leading to tangible improvement and when the learning process is aligned with their interests and abilities.

However, while the benefits are considerable, there is also a need to critically assess the potential drawbacks of increased reliance on AI in education. One psychological concern is the development of a dependency on AI systems for learning. Students who become accustomed to constant, personalized guidance may struggle when required to function in less structured environments. For example, in higher education or the workplace—where self-regulated learning, time management, and intrinsic motivation are crucial—these students may face difficulties adjusting. The absence of immediate feedback and algorithm-driven support could lead to decreased motivation, anxiety, or underperformance. This raises important questions about how to balance the use of AI with strategies that also foster autonomy, resilience, and critical thinking skills. Therefore, while AI represents a powerful tool for enhancing personalized learning and student motivation, its integration into educational systems must be approached thoughtfully. Educators, policymakers, and developers should work collaboratively to ensure that AI supports—not replaces—human interaction and mentorship, and that students are encouraged to develop the soft skills and cognitive strategies necessary for lifelong learning.

Social Isolation and Reduced Human Interaction

While artificial intelligence has revolutionized personalized education and made learning more accessible, it also raises valid concerns regarding the diminishing role of human interaction in educational environments. In traditional classrooms, students benefit not only from academic instruction but also from rich social exchanges with peers and teachers. These face-to-face interactions are essential for developing communication skills, empathy, emotional regulation, and collaborative problem-solving abilities—all of which are increasingly recognized as critical competencies for both personal development and success in the modern workforce (Selwyn, 2019, p. 20).

AI-driven platforms, although highly efficient at delivering content and adapting to individual learning needs, often lack the ability to replicate the nuanced and spontaneous aspects of human connection. When used as a primary or exclusive mode of instruction, these systems may inadvertently limit students' opportunities to participate in group activities, classroom discussions, and informal social interactions that are vital to their social-emotional growth.

Impact on Social Skills: One of the more concerning consequences of an over-reliance on AI in education is its potential to stifle the development of essential interpersonal skills. Human communication is complex and context-dependent, requiring individuals to read non-verbal cues, interpret tone, and engage in real-time dialogue—skills that are honed through continuous, in-person interaction. Students who primarily engage with digital tutors or AI systems may find themselves less adept at expressing emotions, negotiating with peers, or resolving conflicts. Over time, this lack of exposure to authentic social situations could hinder the development of emotional intelligence and empathy, qualities that are not only essential in daily life but also highly valued in collaborative professional environments.

Increased Loneliness and Anxiety: The absence of meaningful social interaction in learning environments can also have detrimental effects on students' mental health. Social connection plays a crucial role in emotional well-being and academic engagement. When AI-based education limits these interactions, students may experience a sense of disconnection or alienation. This can be especially pronounced in remote learning settings, where students often learn in isolation. The combination of reduced peer contact and heightened academic expectations from AI-driven performance monitoring tools may contribute to increased feelings of loneliness, anxiety, and even depression. These emotional stressors can undermine students' motivation, concentration, and overall academic performance, creating a counterproductive cycle.

Furthermore, while AI does enable certain forms of remote collaboration through chatbots, virtual classrooms, and group project management tools, these formats often lack the depth and spontaneity of in-person exchanges. Virtual discussions can feel transactional and may not foster the same level of trust or camaraderie that develops in face-to-face interactions. This is especially critical for younger learners, who are in the formative stages of developing their social identity and communication skills.

In response to these challenges, educators must strive to strike a healthy balance between the use of AI technologies and the preservation of human connection within learning environments. This includes integrating collaborative learning activities, encouraging group discussions, and providing opportunities for peer feedback—whether in physical classrooms or virtual settings. Schools and institutions should also emphasize the development of soft skills and create spaces, both online and offline, that promote social engagement.

Ultimately, while AI offers powerful tools to enhance educational efficiency and personalization, it should be viewed as a supplement—not a substitute—for the human relationships that form the foundation of meaningful learning. Ensuring that students remain socially connected and emotionally supported is not only vital for their academic success, but also for their long-term well-being and development as socially competent individuals.

Increased Stress and Pressure to Perform

Artificial intelligence (AI) technologies have significantly transformed how educators monitor and assess student progress. Real-time feedback, personalized assessments, and adaptive learning pathways are now common features in AI-powered educational systems. These innovations offer students a more tailored learning experience, helping them stay on track with their academic goals and identify areas that require improvement. However, this immediate and continuous evaluation can also introduce a host of unintended psychological consequences, notably heightened stress and an overwhelming pressure to perform at all times. The very nature of AI's constant presence in students' academic lives can create an environment where the drive for perfectionism and optimal performance dominates, leading to detrimental mental health outcomes.

Fear of Judgment: One of the more pronounced emotional challenges students face in AI-based educational systems is the fear of judgment. Unlike traditional classroom settings, where feedback is often delivered through human interaction—allowing for empathy, understanding, and clarification—AI provides instantaneous evaluations that can feel impersonal and detached. While this system is designed to be objective, students may interpret it as a relentless assessment of their capabilities, intensifying their fear of failure. In such an environment, students may become consumed by the desire to meet or exceed standards, fearing that any misstep is a personal failure to

be avoided at all costs. This fear of judgment can exacerbate anxiety and foster perfectionistic tendencies, where students feel compelled to perform flawlessly in every assignment or task.

The psychological toll of being constantly monitored by AI can also manifest in burnout. The pressure to maintain a high level of performance under the gaze of an algorithm, as opposed to a human teacher who may understand the nuances of a student's challenges, can feel isolating and demotivating. Over time, this pressure to meet near-perfect expectations without a supportive, empathetic human presence may lead to significant emotional fatigue.

Overwhelm from Constant Data: Another aspect of AI-driven learning environments that can contribute to increased stress is the constant influx of data regarding students' academic performance. AI systems can track an array of metrics—from quiz scores and assignment completion times to engagement levels and pattern recognition in learning behavior. While this data can be incredibly valuable for informing instructional adjustments and personalized learning paths, it also presents a potential challenge for students who may feel compelled to process and understand every piece of feedback they receive.

For many students, the sheer volume of data—often broken down into numerical scores, graphs, and charts—can feel overwhelming. Instead of focusing on qualitative learning experiences, students may become preoccupied with optimizing their performance metrics. The pressure to meet predefined targets can lead to an obsessive focus on quantitative achievement, at the expense of deeper learning and personal growth. This emphasis on “data-driven” success can make students feel as though they are being reduced to numbers rather than individuals with unique learning journeys. Moreover, the constant comparison of their progress to standardized benchmarks can foster a sense of inadequacy and failure, particularly if their progress is slower than that of their peers.

This sense of constant evaluation, combined with the pressure to monitor and adjust their performance in real time, can lead to a sense of burnout and emotional distress. It's not uncommon for students to feel as if their worth is being determined solely by algorithmic outputs, reinforcing a competitive, anxiety-driven approach to education rather than a more reflective and self-paced process of learning.

The Strain of Optimization: AI technologies, by nature, encourage continuous improvement and optimization. The adaptive algorithms powering many learning platforms aim to push students toward higher levels of achievement by presenting increasingly challenging tasks or offering constant suggestions for improvement. While this can be motivating for some, it can also create an environment of never-ending competition and self-optimization. Students may feel that there is no time to “rest” or pause in their educational journey, as AI systems are always adjusting to push them further, making the pursuit of academic success feel relentless.

As a result, students may experience feelings of inadequacy when they cannot achieve perfection, or they may begin to internalize the notion that their value is intrinsically tied to their academic performance. Over time, this constant striving for optimization can erode self-esteem, lead to feelings of failure, and diminish overall well-being.

The Changing Role of Teachers and Human Support

Artificial intelligence (AI) has the potential to significantly transform the traditional role of educators in the classroom. By automating administrative tasks, grading, and personalized learning paths, AI allows teachers to focus more on their core responsibilities—mentorship, emotional support, and fostering critical thinking. This shift could lead to more engaging, student-centered learning environments, where teachers have the time and resources to cultivate meaningful relationships with students and guide them through complex problem-solving processes. However, while AI offers numerous advantages, this change in the teacher's role also brings about important psychological and emotional implications for both students and educators.

Teacher-Student Connection: One of the most crucial elements of the educational experience is the human connection between students and teachers. Despite the impressive capabilities of AI, it cannot replace the deep emotional support, encouragement, and mentorship that students receive from human educators. Teachers are not just knowledge dispensers; they play a vital role in the social and emotional development of their students. The ability of teachers to recognize

subtle emotional cues, provide personalized encouragement, and offer a sense of security in a learning environment cannot be replicated by AI systems. This emotional connection helps students build self-confidence, overcome obstacles, and develop a sense of belonging in their educational community.

If AI becomes too dominant in the classroom, there is a risk that students will miss out on the personalized guidance and support that only human educators can offer. The role of a teacher extends far beyond the delivery of content—it involves creating a supportive and safe space for students to express their challenges, frustrations, and successes. AI systems, while highly efficient, cannot replicate the nuanced understanding that teachers have of their students' emotional needs or provide the kind of empathetic responses that foster psychological growth. The emotional and social aspects of education are essential for holistic development, and the absence of these human elements could hinder students' ability to develop critical life skills, such as resilience, empathy, and interpersonal communication. (Huang and Li, 2020, p. 50).

In a world where AI could take over more administrative and academic tasks, the teacher's role as a mentor, counselor, and motivator may become even more vital. However, this shift necessitates a balance. Overreliance on AI might result in students feeling isolated or disconnected from their educational experience, potentially leading to a decline in engagement and overall well-being.

Teacher Burnout: While AI can relieve teachers of many administrative burdens, it also presents a new set of challenges. As AI tools become more integrated into the classroom, educators are expected to learn how to use these technologies effectively, adapt their teaching strategies, and maintain their roles as emotional and intellectual mentors. This shift can be overwhelming, especially for teachers who may feel pressured to master complex AI systems while still meeting the emotional and academic needs of their students. The added responsibilities of understanding and implementing new technologies can contribute to feelings of stress and burnout.

Teachers may experience anxiety over their ability to keep up with technological advancements, as well as pressure to ensure that the use of AI enhances the learning experience without diminishing their own role in the classroom. The shift from being the primary source of information to more of a facilitator and mentor can be disorienting for some educators, who may struggle with finding a balance between technological integration and maintaining meaningful, human-centered interactions. This sense of pressure can affect their mental health, and, over time, may lead to teacher burnout—characterized by exhaustion, disengagement, and a diminished sense of purpose in the profession.

Furthermore, the introduction of AI may alter the traditional classroom dynamic, potentially undermining teacher authority or the perception of their value in the classroom. If AI-driven tools are perceived as more efficient or reliable than human educators, students may begin to question the need for a teacher's presence, leading to feelings of inadequacy or devaluation among educators. This shift could undermine the trust and rapport that teachers build with their students, potentially eroding the foundational relationships that contribute to a positive and productive learning environment.

In response to these changes, it is essential for educational institutions to provide adequate training and support for teachers, ensuring they feel confident in integrating AI into their teaching methods while maintaining their roles as mentors and emotional guides. Teachers should not be expected to act as both technology experts and emotional support providers without proper resources and professional development opportunities.

Ethical Concerns and the Fear of Surveillance

As artificial intelligence (AI) technologies become increasingly integrated into educational settings, they bring with them a host of ethical concerns, particularly related to privacy, data security, and the implications of constant surveillance. AI systems have the ability to collect vast amounts of personal data about students—tracking everything from academic performance and behavior patterns to emotional responses. While the promise of personalized learning is significant, this technological advancement also raises difficult questions about the potential risks to students' autonomy, privacy, and psychological well-being.

Loss of Autonomy: One of the most profound psychological impacts of AI in education is the potential erosion of student autonomy. AI systems track and analyze students' behavior, performance, and even emotional responses in real-time, often without their full awareness or consent. This constant surveillance can lead to a sense of powerlessness, where students feel like they are no longer in control of their own learning journey. (Scherer & Siddiqi ,2021,p. 730). When students are aware that every interaction, every answer, and even their emotional reactions are being monitored by an algorithm, it can make them feel as though their learning is being dictated by an impersonal system rather than driven by their own choices and motivations.

This feeling of being constantly watched may lead to anxiety and stress. Students may begin to feel that every mistake or failure will be scrutinized, reducing their willingness to take risks or engage with material in a creative and exploratory manner. The sense of being constantly evaluated can create a fear of judgment, undermining the natural process of learning that involves trial, error, and growth. Furthermore, the more students are surveilled, the less empowered they may feel in making decisions about how they learn, resulting in frustration and a diminished sense of agency. This, in turn, may harm their intrinsic motivation to learn, as they may start to view education as a series of tasks to be completed in accordance with AI-driven expectations rather than a process of self-directed exploration and development.

Privacy Issues: The widespread use of AI in education also raises significant concerns about data privacy. AI systems are capable of collecting detailed and sensitive information about students, including their academic performance, behavioral patterns, emotional states, and even social interactions. While the data collected by AI can be used to personalize learning experiences, it also presents substantial risks regarding how that data is stored, used, and shared. Questions about who has access to this information and how it may be utilized outside of the educational environment are central to concerns about student privacy.

For instance, if student data is shared with third-party companies or used for commercial purposes without explicit consent, students may feel that their personal information is being exploited. This could erode trust in the educational system and its ability to protect students' rights. Additionally, the mere fact that students know their every move is being tracked can lead to feelings of vulnerability and mistrust. The fear that their data could be sold, used to make decisions about their future, or accessed by unauthorized individuals can create anxiety and unease, further diminishing their sense of safety in the learning environment.

The ethical questions surrounding AI in education also extend to issues of consent. In many cases, students may not fully understand what data is being collected about them or how it will be used, particularly if it is being gathered passively through algorithms that monitor every aspect of their behavior. Without proper transparency and communication, students may feel that they are being subjected to surveillance without their knowledge or agreement. This lack of agency over their own data can create significant psychological distress and a sense of violation of their personal rights.

Impact on Psychological Well-being: The combination of constant surveillance and concerns about privacy can have a lasting impact on students' mental health. The fear of being monitored, combined with the uncertainty surrounding how personal data is being handled, can lead to a range of negative psychological effects. In addition to anxiety and stress, this situation can result in students feeling isolated and disconnected from their educational experience. If students feel that their personal data is being commodified or misused, they may become disengaged or disillusioned with the learning process. This loss of trust in the system can reduce their motivation and increase feelings of alienation from both their learning and their school environment.

Furthermore, the constant pressure to perform and the anxiety over surveillance can lead to burnout. Students may feel that their worth is determined solely by their performance, as tracked and evaluated by AI, rather than by their holistic development as individuals. Over time, this may erode self-esteem, increase perfectionistic tendencies, and contribute to a higher incidence of mental health issues such as depression and anxiety disorders.

Conclusion

The psychological effects of AI on students are multifaceted and complex, as they largely depend on how these technologies are implemented and integrated into educational environments. While AI holds immense potential for revolutionizing education by personalizing learning, fostering greater motivation, and streamlining various educational processes, it also brings forth significant psychological challenges. On the one hand, AI can significantly improve learning outcomes by offering tailored experiences that cater to individual learning styles and needs, thereby enhancing student engagement and performance. However, on the other hand, the pervasive presence of AI in educational settings raises critical concerns regarding social isolation, heightened stress levels, and the erosion of meaningful human connections. Students might feel alienated or detached as they become more reliant on AI systems, which can inadvertently replace the essential human interactions that are crucial for emotional and social development. (Popenici & Kerr, 2017, p.12)

To ensure that AI has a positive impact on students' psychological well-being, it is imperative that educators, policymakers, and technologists take a thoughtful and careful approach to its integration into education. A key principle should be to utilize AI as a tool that complements and supports human engagement, rather than replacing it. Human interaction and mentorship remain vital aspects of the learning process that cannot be replicated by machines. Teachers and educators play an indispensable role in guiding students not only in academic pursuits but also in emotional and social growth. A balanced approach that combines the best aspects of AI—such as personalized learning pathways, instant feedback, and automated administrative tasks—with essential human elements like emotional support, interpersonal communication, and collaborative learning is crucial.

Ultimately, the goal should be to harness the power of AI in ways that empower students academically, socially, and emotionally, while safeguarding their mental health and overall well-being. Education should evolve in a way that ensures technology enhances the learning experience without compromising the human connections that are fundamental to student development. As we continue to explore the integration of AI in educational systems, it will be vital to maintain a focus on the holistic needs of students, ensuring that technology serves to enrich rather than detract from their overall educational experience.

References:

1. Baker, R. S. (2016). Big Data and Education. *Journal of Learning Analytics*, 3(2), 1–8.
2. Chaudhary, M., & Naqvi, S. (2020). Artificial Intelligence and its Role in Education. *International Journal of Engineering and Technology*, 9(2), 131–139.
3. Huang, R. H., & Li, X. (2020). AI in education: Future perspectives and challenges. *Technology, Pedagogy and Education*, 29(1), 41–58.
4. Popenici, S., & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Higher Education Research & Development*, 36(1), 1–13.
5. Scherer, D., & Siddiqi, S. (2021). AI in education: The dangers of dependence and the need for human connection. *Journal of Educational Psychology*, 113(4), 724–736.
6. Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the future of education*. Polity Press.

Xülasə

Süni intellektin təhsildə tətbiqi, tələbələrin öyrənmə təcrübələrini və psixoloji vəziyyətlərini mühüm şəkildə dəyişdirir. Bu texnologiya, fərdi təhsil proqramları yaratmaqla tələbələrə daha uyğun öyrənmə yolları təqdim edərək onların motivasiyasını artırmağa kömək edir. Lakin, süni intellektin tətbiqi, sosial izolyasiya və insan əlaqələrinin azalması kimi psixoloji problemlərə də yol açır. İnsanlarla üz-üzə əlaqələrin azalması, tələbələrin sosial bacarıqlarının inkişafına mənfi təsir göstərə bilər. Həmçinin, AI tərəfindən daimi izlənilən və qiymətləndirilən tələbələrdə narahatlıq və stres səviyyələri yüksələ bilər, çünki onlar davamlı olaraq mükəmməl nəticələr əldə etməyə məcbur olurlar. Süni intellektin tətbiqi, eyni zamanda, müəllim-tələbə əlaqələrinin dəyişməsinə və müəllimlərin öz rolu ilə bağlı çətinliklərə səbəb ola bilər. Bu çətinliklər, tələbələrə verilən emosional dəstəyi və mentorluğu təsir edə bilər. Məqsəd, süni intellektin təhsildə istifadəsini tələbələrin psixoloji və emosional rifahını nəzərə alaraq balanslı şəkildə tətbiq etmək olmalıdır. Bu məqalə, süni

intellektin təhsil və psixologiya sahəsindəki təsirlərini araşdırır və texnologiyanın insan əlaqələrinə və tələbələrin psixoloji vəziyyətinə olan təsirini nəzərdən keçirir.

Açar sözlər: süni intellekt, təhsil, psixoloji təsir, fərdiləşdirilmiş öyrənmə, sosial izolyasiya

Резюме

Применение искусственного интеллекта в образовании значительно изменяет учебный процесс и психологическое состояние студентов. Эта технология помогает создавать индивидуализированные образовательные программы, что повышает мотивацию учащихся и способствует их успешному обучению. Однако использование искусственного интеллекта также может привести к социальному изолированию и снижению межличностных связей, что негативно сказывается на развитии социальных навыков студентов. Кроме того, постоянное наблюдение и оценка учащихся с помощью ИИ могут привести к росту уровня стресса и тревожности, поскольку студенты могут ощущать давление, пытаясь постоянно достигать высоких результатов. Внедрение искусственного интеллекта также влияет на изменения в роли преподавателей, что может затруднить их способность оказывать эмоциональную поддержку и наставничество. Цель заключается в сбалансированном использовании ИИ в образовании, учитывая психологическое и эмоциональное благополучие студентов. В статье рассматриваются психологические и философские аспекты воздействия искусственного интеллекта на образование, а также влияние технологий на человеческие отношения и психологическое состояние студентов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, образование, психологическое воздействие, персонализированное обучение, социальная изоляция.

RƏQƏMSAL DÜNYANIN SÜNİ İNTELLEKTİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17418865>

Mehriban Əsədullasoy

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Xülasə

Məqalədə mürəkkəb funksiyaları üzərinə götürən, bu funksiyaları həyata keçirərkən süni neyron şəbəkələri əsasında formalaşan, dərin təlim metodlarına söykənən Süni intellektin rəqəmsal dünyada icra etdiyi rolu işıqlandırılmışdır. Müasir dövrün inkişafının yeni mərhələsində süni intellekt insanların ailə və cəmiyyət, hakimiyyət və vətəndaş münasibətlərinə güclü təsir edərək yeni reallıqlar yaratmaqda, global dünyanın ideologiyasına çevrilməkdədir. Məqalədə həmçinin qeyd olunmuşdur ki, rəqəmsal mühitin get-gedə intellektuallaşdırılması, kollektiv süni intellektin yaranması artıq süni intellekt texnologiyalarının inkişafının növbəti mərhələsi kimi, cəmiyyət tarixində ilk dəfə olaraq, yeni sosio-texnoloji mühitin inkişafını formalaşdırır.

Bəşər cəmiyyətinin fərdi təbii intellekti ictimailəşdikcə, sürətli inkişaf yoluna qədəm qoyduqca, paralel olaraq, süni intellekt də bu sürətlə sosiallaşır, rəqəmsal dünyaya yayılır. Bu gün zamanın tələbinə çevrilən, kütləvi şəkildə bir-birilə əlaqələndirilmiş süni intellekt qurğuları kollektiv süni intellektin yaradılması üçün ciddi intellektual, texnologiyaya əsaslanan platformanın əsasını qoyur.

Açar sözləri: *rəqəmsal, robot, süni intellekt, cəmiyyət, informasiya*

Müasir elm, elə müasir dünya bütünlükdə, informasiya mübadiləsi aparılmadan inkişaf etməkdən geridə qalır. Daha dəqiq desək, bu gün elmin vüsətində də, sürətli inkişafını da informasiya mübadiləsi təmin edir. Süni intellekt proqramlarından heç birini sözün müstəqim mənasında şüurlu hesab etmək olmaz - fikrini irəli sürən Rafiq Qasımov yazır: “Bu cür perspektivlərə baxmayaraq, bu günə kimi yaradılmış Süni intellekt proqramlarından heç birini sözün müstəqim mənasında şüurlu hesab etmək olmaz. Bu nunla izah olunur ki, onların hamısı konkret sahələrə uyğun ixtisaslaşdırılmışdır” (Qasımov, 2001, s.44).

“İntellektual sistemlər və texnologiyalar” kitabında kommunikasiya vasitələrinin miniatürləşdirilməsinə hesablanan ümumdünya miqyaslı Süni intellektin “insan beyninin vahid informasiya analitik əlavəsi kimi fəaliyyət göstərməlidir ki, olduqca müxtəlif növ informasiyanı mövcud texniki səviyyənin imkan verdiyi məsafədən operativ qaydada qəbul edib, ötürmək olsun” - fikri irəli sürülmüşdür (Balayev, Əlizadə, Musayev, 2016, s.20). Müasir dövrdə süni intellektin tətbiqi ilə ən müxtəlif cari işlərin icrasından tutmuş, ədəbi-bədii əsərlər yaratmağa qədər çoxşaxəli və geniş spektrli vəzifələrin öhdəsindən gəlmək reallığa çevrilib. Bu gün cəmiyyətdə süni intellektlə bağlı müxtəlif yeniliklər öz sözünü deməkdədir.

Robottexnikanın həyatın müxtəlif sahələrində tətbiqinin dünyada global yeniliklərə səbəb olduğunu qətiyyətlə söyləyə bilərik. Zamanın tələbinə çevrilən cəmiyyət belə dəyişikliklər elm və texnikanın müxtəlif sahələrdə tətbiqini asanlaşdıracaq, daha böyük ixtiraların meydana gəlməsinə səbəb olacaqdır. İnsan fəaliyyətinin müxtəlif sahələrində, o cümlədən, idarəetmə sistemləri, yeni

texniki sistemlərin layihələşdirilməsinə və qurulmasına hesablayıcı texnika və robotların mütəşəkkil surətdə istifadə edilməsi süni intellekt üzrə axtarışları daha da sürətləndirmiş, intellektual sistemlər sənayesinin yaranmasına zəmin hazırlamışdır.

Həyata keçirilən yeniliklərin vaxt itirmədən qarşıya qoyulan məqsədə çatmaq üçün bizə kömək edən süni intellekt gündən-günə inkişaf etdikcə həllini tapmağı gözləyən bir çox məsələlərin reallaşması da bir o qədər sürətlənməkdə, asanlaşmaqdadır. İş prosesi məsələsinə gəldikdə isə, şirkətlərin avtomatlaşdırılma sayəsində istehsalı artırmaları, səhvlərin azaldılması, maliyyə xərclərinin aşağı düşməsi halları müşahidə olunacaq. Məlumdur ki, Süni intellekt sistemlərində biliklər üzərində müvafiq əməliyyatların aparılması, nətiqə nəticə çıxarma prosedurlarının icrası, müvafiq proqramlar əsasında həyata keçirilir” (Bünyadov, Pələngov, 2014, s.9).

Süni intellektə əsaslanan texnologiyalar sürətlə inkişaf etdikcə, zamanla bir çox peşəni avtomatlaşdırma biləcək və insanların həyata keçirəcəyi işlərin sayı azalacaqdır. Əlavə olaraq, sağlamlıq xidmətlərində süni intellektin töhfələri böyük olacaq, tibbi diaqnozlar daha tez və daha dəqiq qoyulacaq. Daha tez qoyulan diaqnoz sayəsində insanların müalicəsi də asanlaşacaq. Eyni zamanda, müalicəsi mümkün olmayan bir çox xəstəliklərin çarəsi tapılacaq. Çünki süni intellekt 5-10 ilə ediləcək araşdırmanı super kompüterlər vasitəsilə bir neçə günə araşdırır, tədqiqat obyektinə yaxınlaşdırır. Bu gün virusları daha tez müəyyənləşdirə biləcək texnologiyalar sürətlə artmaqdadır.

Ağıllı texnologiyaların meydana gəlməsi ilə onların inkişaf edərək gələcəkdə cəmiyyətə, iqtisadiyyata, təhsilə, tibbə və insanlar arasındakı münasibətlərə də təsir edəcəyi artıq elmdə öz təsdiqini tapmışdır. Rasim Ağayev“Süni intellektin məhsulu olan robotun statusu: hüquq münasibətlərinin subyekti kontekstində” adlı məqaləsində Süni intellektin yaradılması problemlərindən birinin simvolik yanaşma olduğunu, ilk rəqəmsal maşınların yaranması dövrünü əhatə etdiyini qeyd edərək yazır: “Bu yanaşma problemlərin həllinin tapılmasının uğur və səmərəliliyi üçün informasiyanın abstraktlığı vacib edilir” (Ağayev, 2020, s.128).

Bu günkü mərhələdə Süni intellektin inkişafının başlıca istiqaməti qərarların qəbul edilməsi sahəsində onun inkişafını sürətləndirən və genişləndirən proqramlar yaradılmaqdan ibarətdir. Əgər Süni intellekt milli mənəvi dəyərlərə, tərbiyə sistemində, fiziki sağlamlığa, hisslərin və dümüncənin formalaşmasına, emosiyaların bildirilməsinə, özünü ifadə edilmədə, ağılın və ruhun inkişafına, və nəhayət, məhəbbət, şəfqət və mərhəmət hisslərinin formalaşmasına zərbə vurmada inkişaf edərsə, o zaman cəmiyyətə öz müsbət təsiri də qaçılmazdır.

Əldə olunmuş təcrübələr onu qeyd etməyə imkan verir ki, texnologiyanın inkişafı cəmiyyətdə yaşayan, fəaliyyət göstərən insanların mənəviyyətinə zərbələr vurduğu halda, biz avtomatik yüksəlişdən danışa bilmərik. İnsan cəmiyyətində mənəvi nailiyyətlər milli mənəvi dəyərlər sahəsində uğur əldə olunmursa, bəşəriyyətin malik olduğu maddi nemətlər təhlükəli vəziyyət ala bilər. Ona görə də intellekt təbii yolla inkişaf etmirsə, o bəşəriyyətə ağıllı şəkildə fayda verməkdən uzaq olacaqdır.

Ədəbiyyat:

1. Balayev R., Əlizadə M., Musayev İ. İntellektual sistemlər və texnologiyalar. Bakı, 2016, “MSV Nəşr”, 256 səh.
2. Bünyatov A.R., Pələngov Ə.Q. Süni intellekt və ekspert sistemləri. Bakı, ADPU-nun mətbəəsi, 2014, 119 səh.

3. Qasimov R. İnformatika sabaha açılan pəncərə. Bakı, Ayna Mətbuat evi, 2001, 80 səh.
4. Süni intellekt və robot texnikası insan hüquqları kontekstində (elmi məqalələr toplusu), Bakı, "Elm və təhsil", 2020, 298 səh.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ЦИФРОВОГО МИРА

Асадулласой М.А.

Резюме

В статье в цифровом мире освещена роль искусственного интеллекта, который берет на себя сложные функции, формируется на основе искусственных нейронных сетей при выполнении этих функций и базируется на методах глубокого обучения. На новом этапе развития современной эпохи искусственный интеллект оказывает сильное влияние на семью и общество людей, власть и гражданские отношения, создавая новые реальности и становясь идеологией глобального мира. Постепенная интеллектуализация цифровой среды, появление коллективного искусственного интеллекта, как следующий этап развития технологий искусственного интеллекта, впервые в истории общества формирует развитие новой социально-технологической среды.

Кстати, оно социализируется, распространяется и в цифровой мир. Сегодня массово взаимосвязанные устройства искусственного интеллекта, ставшие требованием времени, закладывают основу серьезной интеллектуальной, технологической платформы для создания коллективного искусственного интеллекта.

Ключевые слова: цифровые, робот, искусственный интеллект, общество, информация.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE OF THE DIGITAL WORLD

Asadullasoy M.A

Summary

The article highlights the role of Artificial Intelligence, which takes on complex functions and is formed on the basis of artificial neural networks and deep learning methods while implementing these functions, in the digital world. At the new stage of the development of the modern era, artificial intelligence is creating new realities by strongly influencing people's family and society, government and citizen relations, and is becoming the ideology of the global world. The gradual intellectualization of the digital environment and the emergence of collective artificial intelligence are already shaping the development of a new socio-technological environment, as the next stage in the development of artificial intelligence technologies, for the first time in the history of society.

As the individual natural intelligence of human society becomes socialized and embarks on a rapid development path, in parallel, artificial intelligence is also becoming socialized at this speed and spreading into the digital world. Today, massively interconnected artificial intelligence devices, which have become the demand of the time, lay the foundation for a serious intellectual, technology-based platform for the creation of collective artificial intelligence.

Keywords: *digital, robot, artificial intelligence, society, information*

MÜASİR TƏLƏBƏNİN ÖYRƏNMƏ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17418887>

Könül Cabbarova

kenulcabbarova@gmail.com

ORCID ID: [0000-0003-2137-2412](https://orcid.org/0000-0003-2137-2412)

Mingəçevir Dövlət Universiteti

Xülasə

Müasir dövrdə təhsil prosesində əsas diqqət tələbəyönümlü yanaşmaya və tələbələrin fərdi xüsusiyyətlərinin nəzərə alınmasına yönəlmişdir. İnformasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı, rəqəmsal resursların geniş istifadəsi və sosial şəbəkələrin təsiri nəticəsində müasir tələbənin öyrənmə tərzı əvvəlki dövrlərlə müqayisədə xeyli dəyişmişdir. Müasir tələbələr daha çox vizual kontentə üstünlük verir, interaktiv, praktiki və layihə əsaslı öyrənmə metodlarını seçir, texnologiyadan aktiv istifadə edirlər.

Tədqiqatda qeyd olunur ki, tələbələr dərslərdə aktiv iştirak etmək, müəllimlərlə qarşılıqlı əlaqədə olmaq, qrup işlərində və müzakirələrdə iştirak etməyi üstün tuturlar. Bu isə müəllimlərin rolunun dəyişməsinə, onların bilik ötürən yox, bələdçi, motivator və dəstəkçi funksiyalarını yerinə yetirməsini zəruri edir.

Tədqiqatın aparılmasında anket sorğuları, fokus qruplar, müşahidə və ekspert mülahizələri kimi müxtəlif metodlardan istifadə olunmuşdur. Nəticələr göstərmişdir ki, müasir tələbə texnologiyaların dərş prosesində daha geniş tətbiqini, öyrənmə resurslarının müxtəlifliyini və dərslərin interaktiv şəkildə təşkilini istəyir.

Tədqiqatın nəticələri ali təhsil müəssisələrində tədrisin keyfiyyətinin artırılması, tələbələrin öyrənmə motivasiyasının gücləndirilməsi və fərdi öyrənmə ehtiyaclarının qarşılınması baxımından mühüm əhəmiyyətə malikdir. Eyni zamanda müəllimlər üçün metodik tövsiyələrin hazırlanması və tədris prosesinin tələbə mərkəzli şəkildə qurulması zərurətini ön plana çıxarır.

Açar sözlər Müasir tələbə, öyrənmə xüsusiyyətləri, tələbəyönümlü təhsil, interaktiv tədris, rəqəmsal resurslar, fərdi yanaşma, praktik və layihə əsaslı öyrənmə.

Müasir dövr dünyada və ölkəmizdə təhsil sisteminin inkişafında keyfiyyətin artırılması, tədrisin yenilənməsi və tələbəyönümlü yanaşmanın tətbiqi ilə xarakterizə olunur. XXI əsr informasiya əsridir və bu dövrün insanı — xüsusilə də tələbəsi — öz biliklərini ənənəvi mənbələrdən deyil, daha çox rəqəmsal aləmdən əldə edən, çevik, yeniliklərə açıq, fərdi inkişafına üstünlük verən bir şəxsiyyət kimi formalaşır. Belə şəraitdə təhsil prosesinin təşkili, təlimin məzmunu, metod və üsulları da dəyişməli və bu tələblərə uyğunlaşmalıdır (Ağayev, 2019, s. 45).

Hazırda təhsil sahəsində aparılan tədqiqatlar və praktiki müşahidələr göstərir ki, müasir tələbənin öyrənmə xüsusiyyətləri əvvəlki dövrlərdə formalaşan öyrənmə modellərindən xeyli fərqlənir. Bunun əsas səbəbləri sırasında informasiya texnologiyalarının həyatın bütün sahələrinə nüfuz etməsi, gənc nəslin informasiya mühitində böyüməsi, onların sosial davranışlarının və ünsiyyət tərzlərinin dəyişməsi yer

alır. Bu dəyişikliklər ali təhsildə tətbiq olunan metod və texnologiyalara da təsir göstərmişdir.

Dünya təhsil təcrübəsində tələbəyönümlü yanaşmanın əsasını təşkil edən fikir ondan ibarətdir ki, hər bir tələbə unikal öyrənmə xüsusiyyətlərinə malikdir və onun təhsil prosesi fərdiləşdirilməli, fərdi ehtiyac və maraqları nəzərə alınmalıdır. Beynəlxalq təşkilatların — UNESCO, Dünya Bankı və digər qurumların hesabatlarında da göstərilir ki, gələcəyin uğurlu təhsili məhz tələbənin aktiv iştirakı, öyrənmədə məsuliyyət daşması, yaradıcı düşünməsi və həyat bacarıqlarının inkişaf etdirilməsi ilə bağlıdır.

Müasir tələbənin öyrənmə xüsusiyyətlərini formalaşdıran bir çox amillər vardır. Bunlara aşağıdakılar aiddir:

- İnformasiya texnologiyalarına erkən yaşdan çıxış imkanı;
- Vizual kontentin daha yaxşı qəbul edilməsi;
- Mobil tətbiqlər və rəqəmsal platformalar vasitəsilə öyrənməyə üstünlük verilməsi;
- Praktiki və layihə əsaslı öyrənmə tərzinə maraq;
- Sosial şəbəkələrdə paylaşma və müzakirə vərdisləri;
- Kritik düşüncə və sürətli qərarvermə bacarığının formalaşması.

Azərbaycanda da ali təhsil sistemində islahatlar aparılarkən tələbələrin bu yeni xüsusiyyətləri nəzərə alınır. Azərbaycan Respublikasının "Təhsil haqqında" Qanunu, "Azərbaycan 2030: sosial-iqtisadi inkişafa dair Milli Prioritetlər", "Rəqəmsal Transformasiya Strategiyası" kimi mühüm dövlət sənədləri təhsildə innovativ yanaşmaların tətbiqini dəstəkləyir (Əliyeva, 2021, s. 88).

Müasir tələbənin öyrənmə xüsusiyyətlərinin dəyişməsi müəllimlərin də rolunu köklü şəkildə dəyişir. Əgər əvvəlki illərdə müəllim əsas bilik mənbəyi idisə, indi müəllim daha çox bələdçi, motivator, dəstəkçi və istiqamətverici rolunda çıxış edir. Müəllimin əsas vəzifəsi tələbənin öyrənmə imkanlarını aşkar etmək, ona fərdi yanaşmaq, yaradıcı düşünməsini və tənqidi təfəkkürünü inkişaf etdirməkdir.

Bütün bunlar göstərir ki, müasir dövrdə ali təhsil müəssisələrində tədris prosesinin təşkili zamanı tələbənin fərdi xüsusiyyətlərini, maraq və ehtiyaclarını, öyrənmə tərzini nəzərə almaq mühüm elmi və praktiki əhəmiyyət kəsb edir. Mövzu üzrə aparılan tədqiqatlar və əldə olunan nəticələr müəllimlər üçün metodiki tövsiyələrin hazırlanmasına, tədris prosesinin keyfiyyətinin artırılmasına və tələbələrin akademik göstəricilərinin yüksəldilməsinə xidmət edir.

Bu baxımdan, tədqiqatın əsas məqsədi müasir tələbənin öyrənmə xüsusiyyətlərini araşdırmaq, bu xüsusiyyətlərin formalaşmasına təsir edən amilləri müəyyənləşdirmək və tədris prosesində tətbiq imkanlarını təqdim etməkdən ibarətdir.

Müasir tələbənin öyrənmə xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirmək məqsədilə həyata keçirilən bu tədqiqatda müxtəlif metodlardan istifadə olunmuşdur. Tədqiqatın məqsədinə uyğun olaraq, həm nəzəri, həm də empirik metodlar birləşdirilmiş və nəticələrin etibarlılığı təmin olunmuşdur. Bu metodlar arasında ən geniş istifadə edilən anket sorğusu, fokus qruplar, müşahidə və ekspert mülahizələri yer almışdır. Hər bir metod tədqiqatın müxtəlif aspektlərini daha dərinlən öyrənmək və nəticələri müxtəlif baxış bucaqlarından qiymətləndirmək üçün seçilmişdir.

Tədqiqatın birinci mərhələsi nəzəri bazanın qurulmasına həsr edilmişdir. Bu mərhələdə müasir tələbənin öyrənmə xüsusiyyətləri ilə bağlı elmi mənbələr araşdırılmış,

müasir təhsil yanaşmaları və tələbələrin öyrənmə tərzləri ilə bağlı təhlillər aparılmışdır. Tədrisin aktual məsələlərinə dair müvafiq ədəbiyyatın öyrənilməsi tədqiqatın istiqamətini müəyyənləşdirmiş və istifadə olunacaq metodologiyanın seçilməsində əsas rol oynamışdır. Nəzəri baza yaratdıqdan sonra tədqiqatın praktiki mərhələsinə keçilmişdir.

Tədqiqatın əsas metodlarından biri anket sorğusudur. Bu metod vasitəsilə müxtəlif universitetlərdə təhsil alan tələbələrin öyrənmə xüsusiyyətləri, motivasiyası, dərslərə yanaşması və istifadə etdikləri öyrənmə resursları ilə bağlı məlumatlar toplanmışdır. Sorğu sualları əvvəlcədən hazırlanmış və pilot testdən keçərək təkmilləşdirilmişdir. Ankətdə istifadə olunan suallar tələbələrin təhsil alarkən yaşadıkları əsas çətinliklər, dərş prosesinə münasibətləri, müəllimlərdən gözləntiləri və ən çox istifadə etdikləri öyrənmə metodları barədə olub. Ankətin hazırlanmasında 5 ballıq Likert şkalasından istifadə olunmuşdur ki, bu da iştirakçıların cavablarını daha dəqiq və obyektiv şəkildə qiymətləndirməyə imkan vermişdir.

Ankətdə tələbələrin dərşə hazırlıq vəziyyəti, dərşdə iştirak səviyyəsi, tədris metodlarına münasibətləri və texnologiyanın öyrənmədəki rolu kimi suallar mövcud olmuşdur. Toplanmış məlumatlar Microsoft Excel və SPSS proqramlarından istifadə edilərək təhlil edilmiş, müxtəlif qruplar üzrə müqayisələr aparılmışdır. Nəticələrə əsasən, tələbələrin çoxu tədris prosesində daha çox interaktiv və praktiki tədris metodlarını üstün tutduqlarını bildirmişdir. Bununla yanaşı, rəqəmsal platformaların istifadəsi ilə bağlı yüksək maraq göstərmiş, lakin bəzi tələbələr dərşlərdə texnologiyanın effektiv istifadəsinin qeyri-kafi olduğunu qeyd etmişlər.

Fokus qruplar da tədqiqatın mühüm metodlarından biri olmuşdur. Fokus qruplarda tələbələrlə keçirilən müzakirələrdə onların dərşə olan münasibəti, öyrənmə üsullarına olan tələbləri və müəllimlərdən gözləntiləri haqqında ətraflı məlumatlar əldə edilmişdir. Fokus qruplar müzakirələrinin nəticələrinə əsasən, tələbələr ən çox müzakirə, qrup işi və layihə əsaslı tədris metodlarını cəlbədicil hesab etmişlər. Onlar həmçinin, müəllimlərin tədris prosesində daha çox interaktiv yanaşmalar tətbiq etmələrini, tələbələrin fikirlərini dinləmələrini və daha çox praktiki dərşlər keçirmələrini təklif etmişlər.

Dərşlərdə müşahidə metodunun tətbiqi də vacib yer tutmuşdur. Müşahidələrdə iştirak edərək, tələbələrin dərşdəki fəallığı, müəllimlərlə qarşılıqlı əlaqələri və dərşə olan münasibətləri qiymətləndirilmişdir. Müşahidə edilən dərşlərdə tələbələrin bir çoxunun dərşdə passiv mövqedə olduğu və müəllimlərin dominant olduğu vurğulanmışdır. Hətta bir çox tələbə dərşlərdə daha çox iştirak etməyi istədiklərini, amma müəllimlərin onlara daha çox söz vermədiyini bildirmişdir. Müşahidələr nəticəsində, dərşlərdə tələbələrin daha çox aktiv iştirakını təmin etmək üçün müəllimlərin daha çox qrup işi, müzakirə və texnoloji vasitələrdən istifadəyə diqqət yetirməli olduqları aşkar edilmişdir.

Ekspert mülahizələri də tədqiqatın zənginləşdirilməsində mühüm rol oynamışdır. Təhsil sahəsində çalışan müxtəlif mütəxəssislərlə keçirilən müsahibələr nəticəsində, müasir tələbənin öyrənmə xüsusiyyətləri və tədris prosesində qarşılaşılan problemlər haqqında daha dərin məlumatlar əldə edilmişdir. Ekspertlər müasir tədrisin daha çox tələbə yönümlü olması lazım olduğunu, müəllimlərin isə dərşlərdə tələbələrə daha çox rəhbərlik etməli, onların fərdi inkişafına dəstək verməli olduqlarını vurğulamışlar.

Tədqiqatın ümumi metodoloji yanaşması müxtəlif metodların birləşdirilməsi ilə həyata keçirilmiş və nəticələrin daha etibarlı, obyektiv şəkildə əldə olunması təmin olunmuşdur.

Tədqiqatın sonunda əldə olunan məlumatlar tədris metodlarının tələbələrin öyrənmə xüsusiyyətlərinə necə uyğunlaşdırıla biləcəyini, hansı metodların daha effektiv olduğunu və tədrisin necə daha cəlbedici edilə biləcəyini göstərmişdir. Bu məlumatlar həm də gələcəkdə tədris prosesinin daha səmərəli təşkil olunması və tələbələrin öyrənmə bacarıqlarının inkişaf etdirilməsi üçün əhəmiyyətli təkliflər irəli sürməyə imkan yaratmışdır.

Tədqiqatın nəticələri müasir tələbənin öyrənmə xüsusiyyətlərinin, onların tədris prosesinə yanaşmalarının və müəllimlərlə qarşılıqlı əlaqələrinin müxtəlif aspektlərini işıqlandırmışdır. Tədqiqatın əsas nəticələri aşağıdakı kimi qruplaşdırıla bilər: tələbələrin öyrənmə tərzləri, tədris metodlarına münasibətləri, dərslər resurslarının istifadəsi və müəllimlərin roluna dair tapıntılar.

Tədqiqatın əsas tapıntılarından biri, müasir tələbənin fərqli öyrənmə tərzlərinin mövcudluğudur. Anketin nəticələrinə əsasən, tələbələrin əksəriyyəti vizual öyrənmə tərzini daha səmərəli hesab etdiklərini bildirmişdir. Onlar dərslərin interaktiv elementlərə, vizual materiallara və rəqəmsal vasitələrə əsaslanmasının daha yaxşı yadda qalmasına kömək etdiyini vurğulamışlar. Bununla yanaşı, bəzi tələbələr özlərini ən yaxşı şəkildə yazılı materiallar və müstəqil öyrənmə ilə inkişaf etdiklərini qeyd etmişdir. Bu, müasir təhsil sistemində müxtəlif öyrənmə tərzlərinə uyğunlaşan tədris metodlarının tətbiqinin vacibliyini bir daha təsdiqləyir.

Eyni zamanda, bəzi tələbələr dərslərin yalnız mühazirələrlə həyata keçirilməsindən narazı olmuş, dərslərin daha praktiki və tələbə mərkəzli olmasını istəyənlər üstünlük təşkil etmişdir. Bu tapıntı, tədrisin tələbələrin fərdi ehtiyaclarına və öyrənmə tərzlərinə uyğunlaşdırılmasının əhəmiyyətini göstərir.

Tədqiqatın digər vacib nəticəsi, tələbələrin tədris metodlarına münasibətini və hansı metodları daha səmərəli hesab etdiklərini göstərən məlumatlardır. Anket sorğusunun nəticələrinə əsasən, tələbələr ən effektiv tədris metodları olaraq interaktiv dərsləri, qrup işlərini və layihə əsaslı öyrənməni qeyd etmişlər. Tələbələr, müəllimlərin dərsləri yalnız təqdimatla deyil, həm də tələbələrlə müzakirə, sual-cavab sessiyaları və praktiki tapşırıqlarla keçirmələrinin daha faydalı olduğunu düşünürlər.

Mühazirə əsaslı tədris metodunun, bəzi hallarda monoton və passiv öyrənmə yanaşmasına səbəb olduğu qeyd edilmişdir. Bu nəticə, dərslərin daha çox tələbə mərkəzli və interaktiv üsullarla zənginləşdirilməsinin vacibliyini bir daha ortaya qoymuşdur. Həmçinin, tələbələr texnoloji vasitələrdən istifadə edərək dərslərin daha cəlbedici və effektiv olacağını bildirmişlər. Məsələn, videoların, interaktiv tətbiqlərin və onlayn platformaların istifadə olunması tələbələr tərəfindən müsbət qiymətləndirilmişdir.

Tədqiqatın nəticələri həmçinin dərslər resurslarının istifadəsi ilə bağlı məlumatları da ortaya qoymuşdur. Rəqəmsal və onlayn resursların artan populyarlığı, müasir tələbənin öyrənmə metodlarına olan münasibətini əks etdirir. Tələbələrin əksəriyyəti dərslər üçün onlayn tədris materialları, videolar, interaktiv platformalar və tətbiqlərdən istifadə etməyi üstün tuturlar. Bu resursların tələbələrin daha yaxşı anlayış əldə etmələrinə, mövzuların praktiki tərəflərini daha dərindən öyrənmələrinə və dərslərdə iştirak etmələrinə kömək etdiyi bildirilib.

Bununla yanaşı, bəzi tələbələr ənənəvi dərslər resurslarını (məsələn, çap olunmuş kitablar və dərslilər) daha çox sevdiklərini qeyd etmişlər. Bu tələbələr, rəqəmsal resursların bəzən

çox yüklü və qarışıq olmasını, bəzən isə mövzuları dərinlən öyrənmək üçün yetərli olmadığını düşünürlər. Nəticə etibarilə, dərslər resurslarının müxtəlif növlərinin (ənənəvi və rəqəmsal) birləşdirilərək tədrisin daha effektiv hala gətirilməsi tövsiyə olunur.

Müəllimlərin tədris prosesindəki rolu tədqiqatın digər əhəmiyyətli nəticəsidir. Tələbələr, müəllimlərin dərslər zamanı yalnız bilik ötürən deyil, həm də rəhbər, motivator və fasilitator olmalarını istədiklərini bildirmişlər. Müəllimlərin dərslərdə tələbələrin iştirakını təşviq etmələri, onlara suallar vermələri, fikirlərini soruşmaları və tələbələrin öz təcrübələrini paylaşmalarına imkan yaratmaları tələbələr tərəfindən yüksək qiymətləndirilmişdir.

Bundan əlavə, müəllimlərin texnologiyalardan istifadə etmə bacarıqları da tələbələr tərəfindən müsbət qarşılanmışdır. Tələbələr müəllimlərin müasir tədris alətlərini və texnologiyalarını dərslərdə daha geniş şəkildə istifadə etmələrini, bunun nəticəsində dərslərin daha maraqlı və interaktiv olacağını qeyd etmişlər. Tələbələr, müəllimlərin texnologiya və innovasiyalardan istifadə etməyi, daha kreativ və tələbə yönümlü dərslər planları hazırlamağı istəyirlər.

Ümumilikdə, tədqiqatın nəticələri göstərir ki, müasir tələbə tədris metodlarının tələbələrin öyrənmə ehtiyaclarına uyğunlaşmasını istəyir. Tələbələr dərslərin daha interaktiv, praktiki və texnologiya ilə zəngin olmasını, həmçinin müəllimlərin daha çox tələbə yönümlü olmalarını gözləyirlər. Bu nəticələr, tədris prosesinin daha effektiv və tələbə mərkəzli olması üçün əhəmiyyətli təkliflər irəli sürməkdə köməkçi olacaqdır. Tələbələrin öyrənmə tərzləri və dərslərə olan münasibətləri göstərir ki, dərslərin fərdiləşdirilməsi və tədrisin müxtəlif öyrənmə tərzlərinə uyğunlaşdırılması zəruridir. Müəllimlər və təhsil qurumları, bu tələbləri nəzərə alaraq tədris metodlarını və resurslarını yenidən nəzərdən keçirməli və təhsil sistemini müasir tələblərə uyğunlaşdırmalıdırlar (Kolb, 1984, s. 23).

Tədqiqatın nəticələri müasir tələbənin öyrənmə xüsusiyyətlərini və onların tədris metodlarına yanaşmalarını ətraflı şəkildə işıqlandırmışdır. Müəyyən olunmuş nəticələr, tədrisin tələbə mərkəzli olmasının və öyrənmə tərzlərinə uyğunlaşdırılmasının vacibliyini bir daha göstərir. Həmçinin, texnologiyanın və rəqəmsal vasitələrin təhsil sahəsindəki rolu, müasir tələbə üçün necə əhəmiyyətli bir vasitə halına gəldiyini nümayiş etdirir.

Tədqiqatın birinci nəticəsi tələbələrin öyrənmə tərzlərinin çox müxtəlif olduğunu göstərir. Bu tapıntı, əvvəlki tədqiqatlarla da uyğun gəlir, çünki bir çox mütəxəssis müasir tələbənin fərqli öyrənmə tərzlərinə sahib olduğunu qeyd edir (Gardner, 1983). Tələbələrin öyrənmə tərzləri ilə bağlı əldə olunan məlumatlar, tədrisin daha fərdiləşdirilmiş və fərqli öyrənmə tərzlərinə uyğunlaşdırılmış metodlarla həyata keçirilməsinin vacibliyini göstərir. Tədqiqatın nəticələri, təhsil sistemində tələbə mərkəzli yanaşmaların daha effektiv olduğunu dəstəkləyir və bu yanaşmaların tədris prosesində daha geniş şəkildə tətbiq edilməli olduğunu vurğulayır.

Bundan əlavə, vizual və yazılı öyrənmə metodlarının tələbələr arasında daha populyar olduğu ortaya çıxmışdır. Bu, öz növbəsində, dərslərin interaktiv şəkildə təqdim olunmasını və texnologiyanın geniş istifadəsini tələb edir. Həmçinin, müxtəlif öyrənmə tərzlərinin qarşısını almaq üçün müəllimlər öz dərslərini fərdiləşdirilmiş metodlarla zənginləşdirməli və fərqli öyrənmə tərzlərinə sahib olan tələbələr üçün müxtəlif resurslardan istifadə etməlidirlər.

Tədqiqatın digər mühüm nəticəsi tələbələrin tədris metodlarına münasibətidir. Tələbələrin ən çox sevdikləri metodların interaktiv dərslər və qrup işləri olması, onların dərş prosesində aktiv iştirak etmələrinin vacibliyini göstərir. Bu tapıntı, müasir təhsil sistemində daha çox tələbə yönümlü və əməkdaşlıq əsaslı tədris metodlarının tətbiq edilməsinin zəruriliyini ortaya qoyur.

Müəllimlərin tələbələrlə qarşılıqlı əlaqə qurmağı və onların suallarına cavab vermələri tələbələrin dərşə olan marağını artırır və daha yüksək səviyyədə iştirak etmələrini təmin edir. Bənzər nəticələr daha əvvəlki tədqiqatlarda da qeyd olunmuşdur (Laurillard, 2012), burada müəllimlərin aktiv iştirak və tədris metodlarının tələbə ilə qarşılıqlı əlaqəyə yönəlməsi ilə bağlı fikirlər irəli sürülür. Bu nəticələr göstərir ki, tələbələr öz təhsil prosesində müəllimlərin aktiv rolunu istəyirlər və dərslərin yalnız mühazirə ilə keçilməsi, çox zaman monoton və effektiv olmur.

Tədqiqatın digər əhəmiyyətli nəticəsi, dərş resurslarının istifadəsidir. Tələbələrin ən çox rəqəmsal və interaktiv resurslardan istifadə etməyə üstünlük vermələri, tədris metodlarının və dərş materiallarının müasir texnologiyalarla zənginləşdirilməsinin vacibliyini vurğulayır. Ənənəvi resurslar (məsələn, dərşliklər və çap olunmuş materiallar) bəzi tələbələr tərəfindən hələ də faydalı sayılır, lakin rəqəmsal resursların istifadəsi tələbələrin dərslərə olan marağını artırır və onların daha yaxşı mənimsəmələrinə şərait yaradır.

Bu nəticələr həmçinin müəllimlərin tədris vasitələrini seçərkən ənənəvi və müasir texnologiyaların qarışımına üstünlük vermələrinin vacibliyini göstərir. Bu, tələbələrin fərqli ehtiyaclarını qarşılayan və onlara dərş materiallarını müxtəlif formada təqdim edən bir yanaşma tərzini formalaşdırır. Müəllimlər, dərş resurslarını uyğun şəkildə seçərək tələbələrə dərşin müxtəlif aspektlərini daha yaxşı öyrənmək imkanı verə bilirlər.

Müəllimlərin rolu tədris prosesində vacib bir yer tutur. Tələbələr, müəllimlərin dərslərdə yalnız bilik ötürməkdən daha çox, onları maraqlandıran, motivasiya edən və onların iştirakını təşviq edən fasilitatorlar olmalarını istəyirlər. Bu tapıntı, tədris prosesində müəllimlərin aktiv rolunu, dərslərin tələbələrlə qarşılıqlı əlaqə quraraq həyata keçirilməsinin vacibliyini bir daha təsdiqləyir. Müəllimlərin tədris prosesində tələbə ehtiyaclarına uyğunlaşmaları, onların dərslərə olan marağını artırır və nəticədə daha effektiv öyrənmə təmin edir (Chickering & Gamson, 1987, s. 4).

Həmçinin, müəllimlərin rəqəmsal alətlərdən istifadə etmə bacarıqları tələbələr tərəfindən yüksək qiymətləndirilmişdir. Tələbələr, müasir texnologiyaların tədrisin keyfiyyətini artırdığını və dərslərin daha cəlbedici və interaktiv olmasına kömək etdiyini düşünürlər. Bu nəticələr, təhsil sahəsindəki texnologiyanın genişləndirilməsinin və müəllimlərin bu texnologiyalardan səmərəli şəkildə istifadə etmələrinin əhəmiyyətini göstərir.

Tədqiqatın bəzi məhdudiyyətləri də mövcuddur. Məsələn, tədqiqat yalnız müəyyən bir bölgədə və müəyyən bir təhsil sistemində həyata keçirilib, bu da nəticələrin daha geniş tətbiq oluna bilməməsinə səbəb ola bilər. Gələcək tədqiqatlarda daha geniş əhatəli nümunələr və fərqli təhsil sistemlərində tədqiqatlar aparılaraq nəticələrin universallığı artırıla bilər. Ayrıca, tədqiqatın daha uzunmüddətli izlənməsi, tədrisin zamanla necə inkişaf etdiyi və tələbələrin öyrənmə metodlarına münasibətlərinin necə dəyişdiyi barədə əlavə məlumatlar verə bilər.

Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, müasir tələbə tədrisin fərdiləşdirilməsini, öyrənmə tərzlərinə uyğunlaşmasını və texnoloji vasitələrin geniş istifadəsini istəyir. Müəllimlərin dərsləri daha interaktiv, tələbə mərkəzli və praktiki şəkildə keçirmələri, tədrisin keyfiyyətini artırır. Həmçinin, rəqəmsal və ənənəvi resursların birləşdirilməsi tələbələrin daha effektiv öyrənməsini təmin edir. Bu nəticələr, təhsil sahəsində daha böyük dəyişikliklərə və inkişafalara yol açacaq təkliflərə istiqamət verir.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Ağayev, A. (2019). Müasir təhsil metodları və onların tətbiqi imkanları. Bakı: Təhsil Nəşriyyatı.
2. Anderson, T. (2008). The theory and practice of online learning. Edmonton: AU Press.
3. Chickering, A. W., & Gamson, Z. F. (1987). Seven principles for good practice in undergraduate education. AAHE Bulletin, 39(7), 3-7.
4. Əliyeva, S. (2021). Ali təhsil müəssisələrində tələbə yönümlü təlim strategiyaları. Bakı: Elm və Təhsil.
5. Kolb, D. A. (1984). Experiential learning: Experience as the source of learning and development. New Jersey: Prentice Hall.

THE LEARNING CHARACTERISTICS OF THE MODERN STUDENT

Summary

In the modern era, the educational process mainly focuses on a student-centered approach and taking into account the individual characteristics of students. The rapid development of information technologies, the widespread use of digital resources, and the influence of social networks have significantly changed the learning style of modern students compared to previous periods. Modern students prefer visual content, choose interactive, practical, and project-based learning methods, and actively use technology.

Research indicates that students prefer to participate actively in classes, interact with teachers, and engage in group work and discussions. This, in turn, necessitates a transformation in the role of teachers, requiring them to act not merely as knowledge transmitters, but as guides, motivators, and supporters.

Various methods such as surveys, focus groups, observations, and expert opinions were used in the research. The results showed that modern students want wider application of technology in the learning process, diversity of learning resources, and interactive organization of lessons.

The findings of the research are of great importance in terms of improving the quality of teaching in higher education institutions, strengthening students' learning motivation, and meeting their individual learning needs. At the same time, it highlights the necessity of developing methodological recommendations for teachers and organizing the teaching process in a student-centered manner.

Keywords: Modern student, learning characteristics, student-centered education, interactive teaching, digital resources, individual approach, practical and project-based learning.

УЧЕБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО СТУДЕНТА

Резюме

В современную эпоху основной акцент в образовательном процессе направлен на студентоориентированный подход и учет индивидуальных особенностей учащихся. Быстрое развитие информационных технологий, широкое использование цифровых ресурсов и влияние социальных сетей существенно изменили стиль обучения современного студента по сравнению с предыдущими периодами. Современные студенты отдают предпочтение визуальному контенту, выбирают интерактивные, практико-ориентированные и проектные методы обучения, активно используют технологии.

Исследования показывают, что студенты предпочитают активно участвовать на занятиях, взаимодействовать с преподавателями, принимать участие в групповой работе и обсуждениях. Это, в свою очередь, требует изменения роли преподавателя — от транслятора знаний к наставнику, мотиватору и поддерживающему партнеру.

В исследовании использовались различные методы, такие как анкетирование, фокус-группы, наблюдение и экспертные мнения. Результаты показали, что современный студент ожидает более широкого применения технологий в учебном процессе, разнообразия учебных ресурсов и проведения занятий в интерактивной форме.

Полученные результаты имеют важное значение для повышения качества обучения в высших учебных заведениях, укрепления мотивации студентов к обучению и удовлетворения их индивидуальных образовательных потребностей. В то же время это подчеркивает необходимость разработки методических рекомендаций для преподавателей и построения учебного процесса на основе студентоцентрированного подхода.

Ключевые слова: Современный студент, особенности обучения, студентоориентированное образование, интерактивное обучение, цифровые ресурсы, индивидуальный подход, практико-ориентированное и проектное обучение.

SÜNİ İNTELLEKTƏ ANTROPOSENTRİK YANAŞMA

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17418898>

Günəl Bayramova

gunelf@mail.ru

Azərbaycan Dillər Universiteti

Xülasə

Hadisələrin sürətlə cərəyan etdiyi və təbəddülata uğradığı çox mürəkkəb bir dövrdə yaşayırıq. Az qala hər hər gün, hər saat yeni bir texnoloji dəyişikliyin şahidi oluruq. Elm və texnologiyanın inkişafı insanın rifahının artmasına, onun fiziki və zehni qabiliyyətlərinin təkmilləşməsinə xidmət etmək məqsədini güdür, hərçənd ki, bu inkişafın nəticələrindən bəzən bəşəriyyətin ziyanına sui-istifadələr edilir. Antroposentrizm insanı dünyanın mərkəzinə qoyur və onu bir növ “təbiətin sahibi” edir. Transhumanizmdə yanaşma paradoksal xarakter alır. Burada texnologiyanın hökmranlığı kulminasiya nöqtəsinə çatır. Əslində, bu mənada transhumanizm minilliklər boyu müzakirələrin mərkəzində olan insanın tərifini şübhə altına alır. Bu istiqamətin aparıcı simalarından olan Rey Kurzveyl süni intellektin özünün yaradıcılığa çevriləcəyini, tərəqqini sürətləndirəcəyini elan edir və bunun sinqulyarlıqla (təklilə) nəticələcəyini iddia edir. (Texnoloji təklil gələcəkdə texnoloji inkişafın əsaslı şəkildə idarəolunmaz və dönməz hala gəldiyi, insan sivilizasiyasının təbiətində köklü dəyişikliklərə səbəb olduğu fərziyyə anıdır). Əsrimizin yeni, mürəkkəb və yüksək texnoloji dünyası bu qədər antroposentrik bir intellektual zehniyyət üçün necə oxunmaz olmaya bilər? Bunun üçün antroposentrizmdən uzaqlaşmaq lazımdır? Əsla, əksinə, bəşəriyyət durduqca insan öz zəkası ilə yaratdığı hər bir şeyi oxumaq qüdrətində olacaq. Məqalədə funksional baxımdan süni intellekti yaradan və inkişaf etdirən insan zəkasının, epistemologiyanın, fəlsəfənin, idrakın, koqnitiv elmlərin qarşılıqlı əlaqələrindən bəhs olunur, epistemologiyanın koqnitiv psixologiya, süni intellekt, lingvistika, rəşional fəlsəfə və neyrobiologiyanın ortağ məhsulu olması, yəni fənlərarası fənn olması, hətta süni intellektin antroposentrik yanaşmaya həssaslığı təsbit olunur.

Açar sözlər: epistemologiya, freym, antroposentrizm, posthumanist, koqnitiv, antropomorfizm, metafora

Müasir fəlsəfədə antroposentrizmin tənqidi ənənəvi subyekt-obyekt dioxotomiyasına qarşı çıxır. O, insanların və onların ətraf mühitinin, o cümlədən süni varlıqların mürəkkəb əlaqəsini təklif edir. Bu anlayış idrakın inkişafında təcəssüm olunmuş təcrübələrin və qarşılıqlı əlaqələrin vacibliyini vurğulayır. Bir çox koqnitivistlər simbiotik cəmiyyətdə süni sistemlərin rolunu qiymətləndirmək üçün italyan mütəfəkkir Cambattista Vikonun fəlsəfəsindən ilhamlanaraq dizayn vasitəsilə həqiqətləri qurmağa çalışırlar. Bu gün koqnitiv inkişaf robotları insan qabiliyyətinə bənzər idrak qabiliyyətlərinə malik robotlar yaratmağı hədəfləyən fənlərarası bir sahədir. Fiziki təcəssüm və qarşılıqlı sosial əlaqə kimi iki fundamental konsepsiya koqnitiv inkişaf robotları üçün mərkəzi yer tutur. Hər iki anlayış sosial cəhətdən insanlarla əlaqə qura bilən robotların dizaynında çox vacibdir (Asada, 2024, s.98).

Texnologiya sahəsində olmasına baxmayaraq süni intellekt çox vaxt antroposentrik yanaşmaya məruz qalır. Texniki nöqtəyi-nəzərdən, süni intellekt hesablama alqoritmidir və maşın əsaslı statistikaya qədər uzanır. Kompüterə anlamaq və proqramlaşdırmaq üçün zəruri olan yüksək

müərrəd riyazi anlayışlarla məşğul olmaq məqsədilə əksər kompüter nəzəriyyəçiləri intellektin antroposentrik anlayışına əsaslanan konseptual modellərə istinad edilir. Super-insan beyni süni intellekt üçün metaforaya çevrilir. Süni neyron şəbəkələri ideyası zəkanın nevroloji sistemlə əlaqəli olduğunu göstərir (Cesar, Solomon 2022, s.102). Süni intellekt insan zəkasının fəvqündə ola bilməz. Ona görə də bu sahədə əldə olunan nailiyyətlərin antroposentrik mahiyyətinin öndə olması təbii zərurətdir. Süni intellekt bir sıra digər elm sahələri ilə bərabər epistemologiyanın təşəkkülündə və təkamülündə mühüm rol oynamışdır. *Məhz süni intellektin nailiyyətləri sayəsində kompüter proqramları həll etmək gücünə sahib olur, mürəkkəb mətnlərin anlaşılması kimi idrak prosesləri həyata keçirilir, məhz bu model əsasında insan beyninin zəif, güclü tərəfləri müəyyənləşdirilir. Mövcud proqramın davranışı insan davranışına yaxın olduğundan, bu onun arxasında duran nəzəri bünövrənin etibarlılığını şərtləndirir. Yetmişinci illərin əvvəllərində Nyuvel və Simon [Newell & Smon 1972] tərəfindən təqdim olunan Problemlərin Həlli Proqramı (Human Problem Solver) bu qəbildən olan proqramların ilki idi. Sonra emosional davranışları simulyasiya etmək və sifətin tanınması üçün Empath, Face Recognition və digər proqramlar meydana gəldi. Tədqiqatçılar simulyasiya proqramları vasitəsilə müxtəlif nəzəriyyələri həyata keçirib iki məqsədə nail ola bilirlər: birinci məqsəd ondan ibarətdir ki, hər bir nəzəriyyə daxilində gizli fərziyyələr arasındakı daxili mütabiqəliyi yoxlamaq mümkündür. Simulyasiya texnologiyasından istifadə etməklə əldə edilən son məqsəd kompüter təqdimatını eyni tapşırıqlar üzrə insan performansı ilə müqayisə etmək, modelləri və nəzəriyyələri sınaqdan keçirməkdir*” (Abbasov 2024, s. 341-345)

Tənqidi posthumanizm fəlsəfə, feminizm, elm və texnologiya tədqiqatları, mədəniyyət tədqiqatları, sosiologiya və bir çox digər fənlərin qovuşduğu diskursiv bir sahədir. Onun nümayəndələri, adətən, multidissiplinar bir keçmişə malikdirlər və ya ən azı öz əsas fənlərinin sərhədlərini aşırırlar. Janina Loh tənqidi posthumanist yanaşmaları fərqləndirən beş əsas xüsusiyyəti ümumiləşdirir. Müəllif tənqidi posthumanist nəzəriyyələrin humanizmlə mübarizə apardığını qeyd edir. Belə ki, tənqidi posthumanist yanaşmalar bəşəriyyət və dünya haqqında humanist anlayışın özəyi kimi antroposentrizmi dəf etməyə çalışır. Tənqidi posthumanizm antropoloji essensializmi – insanı qeyri-insani olan hər şeydən mümkün qədər birmənalı şəkildə fərqləndirməyin əsas antroposentrik metodunu şübhə altına alır. Tənqidi posthumanizm diqqətini əsasən bilik sahələrinə, yəni bilik istehsalı ilə əlaqədar olan institutlara yönəldir. Onun tərəfdarları elmlərdə insan mövqeyinin şişirdilmiş tərənnümünə qarşı çıxırlar. Bu tərənnüm özünü bilik istehsalının xaricində yerləşən neytral və qərəzsiz bir Arximed nöqtəsi kimi təqdim etsə də, əslində həmişə insanı hər şeyin fəvqündə görür (Loh, 2024, s.283).

Süni intellektin durmadan inkişafı bir çox sosioloqları ciddi narahat etməkdədir. Bu mənada sosiologiyanın böhranından bəhs edən Franko Ferrarotti texniki tərəqqi mənəvi tərəqqiyə zəmanət vermədiyini vurğulayır. O, maşından istifadə etməyi onun əsarətinə düşmədən öyrənməyin zəruriliyini diqqətə çatdırır. Müəllif texnologiyayı məqsədsiz bir mükəmməllik adlandırır. Maşın daxili əməliyyatların dəqiq işləməsinə nəzarət edə bilər, lakin özü ilə məhdudlaşan çərçivəni aşmaq gücündə deyil. *“Maşın işləyir, insan isə düşünür, bilir, mövcud olur. Hərbi məqsədlər üçün yaranmış internet əlverişli maşındır, bir neçə dəqiqə ərzində mürəkkəb problemləri həll edə bilər. O, həm də ağılsız maşındır, çünki uzanmağı, düşünməyi, şübhə etməyi bilmir”* (Ferrarotti, 2024)

İdrakla bağlı ənənəvi sahələr insan təbiətinin bu anlaşılmaz xüsusiyyətinin tədqiqatını beyin fəaliyyətinin analizi üzərində cəmləşdirmişdi. Fəlsəfə idrakla bağlı sualların cavabını ilk növbədə təfəkkür sisteminin məntiqi təhlilində axtarır. Psixologiya fasiləsiz müşahidə olunan insan fəaliyyətindən düşüncə nümunələrini hasil etmək üçün eksperimental prosedurlar işləyib hazırlamış, antropologiya insan təfəkkürünün mədəniyyət və sosial institutlarda kəşfiyyatını göstərməyə

çalışmış, linqvistika dilin quruluşu və məzmunundan çıxış etmiş, neyroelm isə onun mövqeyini sinir sistemi substratında tapmağa çalışmışdır. Lakin digərlərinə nisbətən yeni elm sahəsi olan süni intellekt bu ənənədən kənara çıxaraq insan təfəkkürünün kompüter proqramı sistemində simulyasiya, təqlid və reproduksiya etmək üsullarını sınaqdan keçirir. Koqnitiv elm, ümumilikdə süni intellektin konseptual sxemini qəbul edərək, onu əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirmişdir. Bununla yanaşı o həm də metaforik inkişafı risk altına almışdır. Kompüter özü beyinin məhsulu olduğundan, koqnitiv dilçilik əsində idrakı onun özünün artefaktlarından birinin vasitəsilə öyrənir. Bu müasir vəd kimi səslənsə də, əsində, insan təfəkkürünün müəyyən olunmuş alqoritmik yollarla informasiya qəbul etmək və ötürmək üçün biologiya tərəfindən proqramlaşdırılmış maşın olmasını iddia etmək, hesablama yalnızlığından başqa bir şey deyildir. Gardnerin özünün də skeptik yanaşması ilə formalaşdırdığı koqnitiv elmin məqsədlərinin müəyyənləşdirməsi, bu yalnızlığın yaratdığı üç fərziyyənin müəyyənləşdirilməsi üçün istifadə oluna bilər.

Hər şeydən əvvəl, belə bir fikir mövcuddur ki, insanın koqnitiv fəaliyyətindən danışarkən, mental təsəvvürlərdən danışmaq və eyni zamanda bir tərəfdən bioloji və ya nevroloji, digər tərəfdən isə sosioloji və ya mədəni baxımdan tamamilə fərqli analiz müəyyənləşdirmək vacibdir. Bundan başqa belə güman edilir ki, insan təfəkkürünün başa düşülməsi üçün elektron kompyuter mühüm rol oynayır. Kompyuterlər müxtəlif növ araşdırmalarda vacib vasitə olmaqla yanaşı, onlar həm də insan idrakının necə fəaliyyət göstərməsinin əsas modelini göstərməyə xidmət edir. Koqnitiv elmin digər bir xüsusiyyəti, koqnitiv fəaliyyət üçün mühüm ola biləcək, lakin buraya daxil edilsə elmi-koqnitiv fəaliyyətin mürəkkəbləşməsinə səbəb ola biləcək bəzi faktorların üzərindən məqsədli şəkildə keçməkdir. Bu faktorlar emosional faktor və ya hisslərin təsirini, tarixi və mədəni faktorların töhfəsini, təfəkkürün müxtəlif fəaliyyətinin əks olunduğu fon kontekstinin rolunu özündə birləşdirir.

Bu fərziyyələr aydın şəkildə göstərir ki, koqnitiv elm hesablama yalnızlığı üzərində qurulmuşdur. Marvin Minski kimi bəzi koqnitivistlər hesablama haqda ifrata vararaq belə fikirlər səsləndirirdilər ki, emosiyalar və sosial davranışlar da daxil olmaqla bütün insan fəaliyyətini nəinki kompüter proqramları formasında vermək mümkündür, hətta özü düşünən, hiss edən və ünsiyyət qura bilən maşınlar yaratmaq imkanı var (DeAngelis 2013). Amerikalı tədqiqatçı, koqnitivist Marvin Minski (1927-2016) süni intellekt sahəsinin inkişafında mühüm rola malik bir alimdir. O, ümumilikdə süni intellekt məsələsinin qoyuluşuna fərqli yanaşaraq kompüter cihazına insan psixikası nöqteyi-nəzərindən yanaşmış, ona idrak, yaradıcılıq, dahilik və sevgi məsələlərini aid etmişdir. M.Minski yeni bir təfəkkür modeli yaradaraq bu modeli “*paradigm shift*” adlandırır. Onun görüşləri süni intellektə hələ tam olaraq öz tətbiqini tapmasa da, sonrakı illərdə aparılan araşdırmalarda əsas istinad nöqtələrindən biri olmuşdur. Ağıllı robotların yaradılması məhz Marvin Minskinin ideyaları əsasında mümkün olmuşdur. 1950-60-cı illərdə süni intellekt sahəsində iki istiqamət: *Scruffy school* (“səliqəsiz” məktəb) və *Neat* (“səliqəli”) fərqlənirdi. *Neat* istiqamətinin tərəfdarları “*symbolic computation*”, yəni sırf məntiq və riyazi əsasda yanaşmanın tərəfdarları idilər. Bu məktəbin banisi, M.Minskinin dostu, “süni intellekt” termininin yaradıcısı Con Makkartini idi. M.Minski isə “*Scruffy school*”un əsasını qoyur. “Səliqəsiz” məktəbin tərəfdarları düşünürdülər ki, intellekt çox mürəkkəbdir və “neat”-in qeyd etdiyi homogen, səlis, məntiqi sistemlə həll oluna bilməz (DeAngelis 2013).

“Şüurlu maşınları necə yaratmaq olar?”, “Düşünən maşınları necə yaratmaq olar?”, “Ünsiyyət qura bilən, emosiyalar ifadə edə bilən maşınları necə yaratmaq olar?” kimi suallar M.Minskini düşündürən əsas məsələlər olmuşdur. Bununla yanaşı o, öz dövrünün xüsusiyyətlərindən tamamilə fərqli, qeyri-ənənəvi yanaşma ortaya qoymuşdur. Onun ideyaları sadə

və çox aydın olmaqla seçilirdi. Sadə dildə desək, o, ilk öncə insan beyninin və psixikasının necə fəaliyyət göstərdiyini müəyyənləşdirmək və daha sonra onu hesablama sisteminə yerləşdirməyi düşünürdü. Bu fikirlər süni intellekt haqqında təsəvvürləri genişləndirdi və “şüurlu”, “emosiyalara malik” “sevmək” qabiliyyəti olan maşınlar haqda təsəvvürlər formalaşdırdı. 2006-cı ildə nəşr olunan “The emotion machine” adlı əsərində o, 1988-ci ildə çap olunmuş “The society of mind” əsərindəki bir sıra ideyaları genişləndirərək süni intellekt probleminə yeni növ baxış formalaşdırmışdır. Buradakı ideyalarına görə onu çox vaxt filosof, süni intellektin banisi də adlandırmışlar. “The emotion machine” əsərində M.Minski qeyd edir ki, bizim çox vaxt yalnız insana aid etdiyimiz hadisələr, bəzən şüurlu maşınlara da aid edilə bilər. Əsərin ilk başlığının “Falling in Love” adlanması da maraq doğurur. Minski qeyd edir ki, hesablama sistemində düzgün yanaşma ilə biz öz hisslərimiz və emosiyalarımızı yarada bilərik. Bunun üçün ilk öncə insanın daxilində baş verənlərin müəyyənləşdirilməsi vacibdir (Таланов 2016). M.Minski qeyd edirdi ki, bizim intellektimizi inkişaf etdirmək üçün idrakımızın istifadə etdiyi emosiyalar düşünmənin müxtəlif yollarıdır. O, emosiyalar və digər növ düşüncələr arasında fərqləndirmə aparır. Alimin əsas ideyası ondan ibarətdir ki, emosiyalar dünyada mövcud olan müxtəlif “problem tipləri” üçün “düşünmə vasitəsi”dir və beyin müxtəlif problemləri həll etmək üçün emosiyaları canlandıraraq qaydalara əsaslanan mexanizmlərə malikdir (Minsky 2007).

Süni intellekt kompüter texnikası üzrə elm sahəsinin bir qolu olub kompüter cihazlarında intellektual davranışların yaradılması ilə məşğuldur. O, özündə idarə sistemi, planlaşdırma, diaqnostik sorğu, nitq, sifət cizgilərinin tanınması, insan fəaliyyətinin robotla əvəzlənməsi və s. nümunələri əks etdirir. Bu elm mühəndislik elmi olub bir sıra problemlərin həllini nəzərdə tutur. Süni intellekt (Sİ) bu gün bütün dünyada ən müxtəlif məqsədlərə çatmaq üçün ideal vasitədir. Süni intellekt iki məktəbə bölünür: Ənənəvi Süni İntellekt və Hesablayıcı Süni İntellekt. Buna bəzən Sintetik intellekt də deyirlər. Ənənəvi süni intellekt formalizm və statistik analizlə xarakterizə olunur. Süni intellekt simvolik Sİ, məntiqi Sİ, təmiz Sİ kimi adlarla da xarakterizə olunur.

Hesablayıcı Sİ – iterativ inkişaf və ya təlimi təcəssüm etdirir. Təhsil empirik məlumatlara əsaslanır. Bu məktəb həmçinin qeyri-simvolik Sİ, səliqəsiz Sİ və yüngül hesablama adı ilə də məlumdur. On yeddinci əsrin əvvəllərində Rene Dekart heyvanların bədənələrini mürəkkəb və dəyişə bilən maşınlara bənzədərək “saat paradiqması” kimi tanınan mexanistik nəzəriyyəsini yaradır. 1623-cü ildə şərqşünas, riyaziyyatçı, Tübingen Universitetinin şərq dilləri kafedrasının professoru Vilhelm Şikard, daha sonra Blez Paskal hesablama maşınını icad etdi, Q.Leybnis isə mükəmməl fəlsəfi dil yaratmaq arzusu ilə (Leibniz 2014) özünün binar sisteminin əsasını qoymuşdur (Artificial)

Süni intellekt – maşın və ya kompüter proqramları vasitəsilə meydana çıxan intellektdir. Bu həm də akademik tədqiqat sahəsidir. Bir çox Sİ tədqiqatçıları bu sahəni "the study and design of intelligent agents" (“intellektual vasitələrin tədqiqi və dizaynı”) kimi də müəyyənləşdirirlər. Hesablayıcı intellekt (computational intelligence) təbiətə əsaslanan hesablama metodu və yanaşma kompleksi olub, ənənəvi təhlillərin, statistik nəzəriyyələrin effektiv olmadığı və ya tətbiq etmək mümkün olmadığı zaman dünyanın real mürəkkəb problemlərinin həllinə yönəlib. Bu mürəkkəb real həyat problemlərinin çoxu, riyazi baxımdan düzgün qoyulmuş hesab edilmir, lakin təbiət bioloji sistemdə tələb olunan funksiyaya malik olan çoxlu sayda əks-nümunələr təqdim edir.

Ənənəvi Sİ tədqiqatları simvolların manipulyasiyası və simvolik strukturlu bilik bazası vasitəsilə insan intellektini təqlid etməyə yönəlib. Belə yanaşma ənənəvi Sİ-in tətbiq oluna biləcəyi vəziyyətləri məhdudlaşdırır. Lütfizadə qeyd edirdi ki, “intellektual sistemin dizaynı və dərk olunmasında, biz ənənəvi Sİ-in əsasını təşkil edən predikat-məntiqi-əsaslı metodlardan daha

effektiv olan hesablama alətlərinə maliklik.” Qeyri-səlis məntiqi özündə əks etdirən bu metodlar “yumşaq hesablama” kimi də tanınır. Sözügedən bioloji əsaslı metodlar ənənəvi Sİ-lə kontrast təşkil edib simvolizmin çatışmayan cəhətlərini əvəz edir. Bu iki metodologiya həmçinin “neats” və əksi “scruffies” kimi də müəyyən olunaraq birincilər (yəni neats– *G.B.*) məntiq və biliyin formal təsviri, ikincilər isə aşağıdan yuxarıya doğru aparılan evristik təhlillərin tətbiqinə əsaslanırdı (Deng, 2009).

İnsanla digər varlıqlar arasındakı münasibətlərdə antropomorfizm labüd faktdır. Bu fikir Yan Bogostun arqumentlərinə söykənir. O göstərir ki, analogiya və metafora – anlamağı ifadə etməyin yeganə metodudur (Sandry 2024 → Bogost 2012). Bu, insanların “antropomorfizmdən yayınmasının mümkünsüz” olduğunu və buna görə də onların “antropomorf metaforalar təqdim etməyə məhkum” olduqlarını ifadə edir. Bu baxımdan, antropomorfizm insanların digər varlıqlarla qarşılıqlı əlaqə qurmağa cəhd edə bilməsinin yeganə yoludur. Bu formada qəbul edildikdə, antropomorfizm, istər insanlarla, istər heyvanlarla, istərsə də robot, sosial bot, rəqəmsal səs köməkçisi və ya başqa bir interaktiv proqram interfeysi kimi süni intellektlə qarşılıqlı əlaqədə davamlı şəkildə yenidən nəzərdən keçirilə bilən bir ünsiyyət və qarşılıqlı əlaqə çərçivəsini təqdim edir (Sandry 2024, s.152).

Professor İdris Abbasov süni intellekti epistemologiyanın ayrılmaz tərkib hissəsi kimi səciyyələndirir. O, Fridrix Bartlett, Marvin Minski, Rocer Şenk və Robert Abelson, Deyvid Rumelhart kimi alimlərin mülahizə və müddəalarını qarşılaşdıraraq koqnitiv elmlərin inkişafı nəticəsində epistemik koqnisiya mövzusunun dövrün aktual mövzularından birinə çevrildiyini, XX əsrin əllinci illərində koqnitiv psixologiya, kompüter elmi, idrak fəlsəfəsi, dilçilik, neyrologiyanın yeni bir müstəvidə inkişaf etdiyini vurğulayır. Dilçi-alim belə qənaətə gəlir ki, epistemologiya – koqnitiv psixologiya, dilçilik, süni intellekt, rəşional fəlsəfə və neyroelmin müştərək məhsuludur, yəni fənlərarası fəndir. Freym nəzəriyyəsi, koqnitiv psixologiya və süni intellekt başlığı altında nəzərdən keçirdiyi paraqrafda müəllif göstərir ki, freym nəzəriyyəsi məhz süni intellekt əsasında işlənib hazırlanmışdır. *“Onların ideyaları freymlər sayəsində insanın koqnitiv emal nəzəriyyəsinin formalaşmasına daxil edilmişdir. Hər iki sahənin ortaq fərziyyəsi ondan ibarətdir ki, onlar insan yaddaşının emalını çərçivə əsaslı hesab edir. Bu ortaq nöqteyi-nəzərə görə, koqnitiv psixologiya və süni intellekt koqnitiv linqvistikanı da ağışuna alaraq koqnitiv elm adlanan interdisiplinar (fənlərarası) bir sahənin təşəkkülünü səciyyələndirir”* (Abbasov, 2024, s.325-326). Kompüterin inkişafı ilə süni intellektin yaranması arasında sıx əlaqənin olduğunu təsdiq edən dilçi-alim süni intellektin rüşeymlərinin çox-çox qədimlərə gedib çıxdığını söyləyir. O, heyvanlara maşın funksiyasını icra edən orqanizm kimi baxan Rene Dekartın onları bugünkü insanabənzər robotların sələfləri hesab etməsi fikri razılaşaraq hətta süni intellektin tarixini yunan mifologiyasına qədər gedib çıxdığını qeyd edir. Müəllif göstərir ki, süni intellektin kökləri Mak-Kalloxun və Pittsin əsərlərinə dayanır. *“Onlar 1943-cü ildə bioloji orijinalların təfəsilatlı təhlilləri əsasında beyindəki, daha doğrusu, beyin hüceyrələrindəki neyronların riyazi modellərini təsvir etdilər”* [Abbasov 2024, s.341 → Warwick 2013:2]. O, Enamul Hak və amerikalı kompüter alimi və koqnitivist Con Mak Kartiyə əsaslanaraq hesab edir ki, süni intellekt ağıllı maşınların, xüsusən, ağıllı kompüter proqramlarının yaradılması elmi və mühəndisliyi. Süni intellekt insan zəkasını başa düşmək üçün kompüterlərdən istifadənin oxşar vəzifəsi ilə əlaqədardır. Lakin o, bioloji cəhətdən müşahidə oluna bilən üsullarla məhdudlaşmır. Ağıllı maşınların, xüsusən də, ağıllı kompüter proqramlarının yaradılması elmi və texnologiyası məhz süni intellektlə birbaşa bağlı olan məsələlərdir (Abbasov, 2024 → Haque 2020:31).

Başlıca məqsəd insan zəkasının funksiyasını anlamaqdan ibarətdir. Süni intellektin perspektivlərindən biri mühəndislik, digəri isə kompüter mexanizmlərinin ağıllı davranışın

modelləşdirilməsinə tətbiqini səciyyələndirən elmi perspektivdir. Vörginia Diqnum süni intellektə dair Russel və Norviq tərəfindən yazılmış dərsliyə istinadən zəka sistemlərini aşağıdakı kimi təsnifatlandırır: 1) insanlar kimi düşünən sistemlər (burada diqqət koqnitiv modelləşdirməyə yönəldilir), məsələn: koqnitiv arxitekturalar və neyron şəbəkələri; 2) Töring kimi testlərin (Abbasov 2014 → Moor 2012) tətbiqi ilə qiymətləndirilən, insan fəaliyyətini simulyasiya etməyə yönəlmiş, insanlar kimi fəaliyyət göstərən sistemlər; 3) qeyri-müəyyənliyi modelləşdirmək və mürəkkəbliyi sadələşdirmək məqsədilə məntiqə əsaslanan yanaşmalardan istifadə etməklə rəasional düşünən sistemlər; 4) rəasional fəaliyyət göstərən sistemlər. Burada diqqət performansların dəyərini maksimuma çatdıran faillərə (agents) yönəlir. Qeyd etmək lazımdır ki, süni intellekt eyni zamanda istifadə olunan metodlara görə də təsnif edilə bilər, məsələn: məntiqdən istifadə edən simvolik Sİ, insan beynindən stimullaşan konneksionistik Sİ, Darvinin təkamül nəzəriyyəsiindən ilhamlanan təkamül metodları, Bayes şəbəkələri (Abbasov, 2024 → Scutari, Denis 2014) bazasında probabilistik nəticə və ekstrapolyasiyaya (Abbasov, 2024 → Brezinski, Zagila 2013) əsaslanan analoji metodlar .

Ağıllı maşınların yaradılması dili anlamaq, problemləri həll etmək, planlaşdırmaq, obraz və modelləri tanımaq, kommunikasiya yaratmaq və s. kimi bir çox fərqli cəhətlərə malikdir. Bu məqsədlərə nail olmaq üçün müxtəlif tədqiqat sahələri istifadə etdikləri vasitələrlə xarakterizə olunur. Buna görə də süni intellektin maşın tədqiqatları, natural dilin anlaşılması, modellərin tanınması, təkamül və genetik hesablamalar, ekspert sistemləri və ya nitq emalı kimi alt sahələrinin bəzən çox az ümumi cəhətlərə malik olduğunu görürük. Əslində, süni intellektə dair tədqiqatlar və tətbiqatlar bir çox sahəni əhatə edir və hamı bu müxtəlif alt sahələrin əlaqəlilik dərəcəsi və ya onların alt sahələr kimi qəbul edilib-edilməyəcəyi fikri ilə razılaşmır.

Süni intellektin epistemologiyaya iki əsas töhfəsindən birincisi, informasiyanın emalı ilə çulğaşan yeni bir metaformın təqdim olunmasıdır. Bu anlayışa görə, insan və ya kompüter kimi əqli müstəvidə ətraf mühitlə məşğul olan mürəkkəb sistem üç əsas vahiddən ibarətdir. *“Birinci vahid stimula və ya başlanğıc nöqtələri (inputs) qəbul etmək, ikinci vahid müxtəlif funksiyaları yerinə yetirmək üçündür (buna emal vahidi “processing” də deyilir). Nəhayət, üçüncüsü çıxış vahidləridir (outputs). Bu proses ya ətraf mühitə çıxarılır, ya da proseslər silsiləsində yeni bir giriş təşkil edir. Burada yenilik odur ki, insan və ya kompüter bizi əhatə edən dünya ilə yalnız stimula, reaksiya, yaxud məcazların (metaforların) dilində girs-çıxışla məşğul olmur. İnsan ilk növbədə burada düşünmə, öyrənmə, yadda saxlama, təsnifatlandırma, xatırlama, mücərrədləşdirmə kimi proseslərin mərkəzində dayanır. Əgər bu proseslər biheviyrist nöqtəyi-nəzərdən elmi-tədqiqat obyektinə olmağa qabil deyilsə, yəni məchuldursa, onda onlar kompüter elmləri işığında məlum cihazlar vasitəsilə makroskopik şəkildə baş verən konkret proseslərə çevrilə bilərlər (Mayer, 1981). Beləliklə, epistemologiyanın əsasını təşkil edən bu ara proseslərdə aparılan tədqiqatlar həm koqnitiv psixologiyada, həm də epistemologiyada elmi legitimlik qazanmışdır”* (Abbasov, 2024, s.344).

Bütün bunlar süni intellektin antroposentrik və epistemoloji xarakterinə dəlalət edir. Deməli, süni intellekt antroposentrik yanaşma tələb edən çoxşaxəli prosesdir. Onun idarə edilməsi geniş spektrli maraqlı tərəflərin birgə səyini tələb edir. Süni intellektin cəmiyyət üçün faydalı, etik və təhlükəsiz yollarla inkişaf etdirilməsi zəruridir. Bu sahə sürətlə inkişaf etdiyi üçün beynəlxalq səviyyədə güclü qanunvericilik bazalarının yaradılması zərurətə çevrilir. Süni intellekt sistemlərinin inkişafı və istifadəsi bütün hissiyyatlı varlıqların rifahını artırmağa imkan verməlidir.

Ədəbiyyat:

1. Abbasov İ.Ə. Ümumi dilçilik: dilçiliyin tarixi, nəzəriyyəsi və koqnitiv elmlərin epistemoloji əsasları. Bakı: Füyuzat, 2024, 800 səh.
2. Artificial intelligence. New World Encyclopedia. http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Artificial_intelligence
3. Asada M. Towards Standardization of Interaction Design: Cognitive Developmental Robotics Revisited / In the book Producing Artificial Intelligent Systems: The Roles of Benchmarking, Standardisation and Certification/ Ed. by Maria Isabel Aldinhas Ferreira. Springer Nature, 2024, 167 p., pp. 97-105
4. ¹ Bogost, I. Alien phenomenology, or, What it's like to be a thing. University of Minnesota Press, 2012, 166 p.
5. Brezinski C., Zagila R. Extrapolation Methods: Theory and Practice. Elsevier Science, 2013, 474 p.
6. Cesar and Lois, Baio C., Solomon. Ecosystemic Thinking: Beyond Human Narcissim in AI /In the book The Language of Creative AI: Practices, Aesthetics and Structures/ Editors Craig Vear, Fabrizio Poltronieri. Springer Nature, 2022, 276 p., pp. 95-112
7. DeAngelis S. Neat and Scruffy Artificial Intelligence, April 1, 2013 <http://enterrasolutions.com/neat-and-scruffy-artificial-intelligence/>
8. Ferrarotti F. Lettera a un giovane sociologo. Roma : Bibliotheka Edizioni, 2024 56 p.
9. Haque E. The Ultimate Modern Guide to Artificial Intelligence: Including Machine Learning, Deep Learning, IoT, Data Science, Robotics, The Future of Jobs, Required Upskilling and Intelligent Industries. Enamul Haque, 2020, 293 p.
10. Janina Loh. Feminist Ethics and AI: A Subfield of Feminist Philosophy of Technology /Handbook on the Ethics of Artificial Intelligence ed. by David J. Gunkel. Edward Elgar Publishing, 2024, 336 p., pp. 274-288
11. Leibniz, il sistema binario e la Cina. martedì 25 marzo 2014. <http://keespopinga.blogspot.com/2014/03/leibniz-il-sistema-binario-e-la-cina.html>
12. Mayer, R. Promise of Cognitive Psychology. University Press of America, 1990, 120 p.
13. Minsky, Marvin (*Sep 12, 2007*). "Emotion Machine: Commonsense Thinking, Artificial Intelligence, and the Future of the Human Mind". *Video lecture. MIT. Archived from the original on 2016-05-30*.
14. Moor J. (ed.). The Turing Test: The Elusive Standard of Artificial Intelligence. Springer Science & Business Media, 2012, 273 p.
15. Newell, A., & Simon, H. Human Problem Solving. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall 1972, 920 p.
16. Sandry E. Anthropomorphism and its Discontents / Handbook on the Ethics of Artificial Intelligence Edited by David J. Gunkel. Edward Elgar Publishing Limited 2024, 326 p., pp. 143-156
17. Scutari M., Denis J. Bayesian Networks: With Examples in R. CRC Press, 2014, 241 p.
18. Таланов М. Марвин Мински и эмоциональные машины. 02.02.2016. <https://postnauka.org/faq/58727>
19. Warwick K. Artificial Intelligence: The Basics. Routledge, 2013, 192 p.

ANTHROPOCENTRIC APPROACH TO ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Gunel Mahammad Bayramova
Doctor of Philology, Associate Professor
Azerbaijan University of Languages, Baku
gunelf@mail.ru

Summary

We live in a highly complex era where events unfold rapidly and undergo constant transformation. Almost every day, even every hour, we witness new technological changes. The advancement of science and technology aims to enhance human well-being and improve both physical and mental capabilities. However, some outcomes of this progress are sometimes misused to the detriment of humanity.

Anthropocentrism places humans at the center of the world, making them, in a way, the “masters of nature.” In transhumanism, this perspective takes on a paradoxical character, reaching its climax with the dominance of technology. In this sense, transhumanism challenges the very definition of humanity, which has been at the core of philosophical debates for millennia. One of the leading figures in this field, Ray Kurzweil, predicts that artificial intelligence will evolve into an independent creative force, accelerating progress and ultimately leading to singularity – a hypothetical moment when technological development becomes fundamentally uncontrollable and irreversible, causing profound changes in human civilization.

How can the new, complex, and highly technological world of our century be incomprehensible to such an anthropocentric intellectual mindset? Does this mean we must abandon anthropocentrism? Not at all. On the contrary, as long as humanity exists, it will always have the ability to comprehend everything it creates with its intellect.

This article explores the interplay between human intelligence, which creates and advances artificial intelligence, and the fields of epistemology, philosophy, cognition, and cognitive sciences. It also discusses how epistemology serves as an interdisciplinary field, integrating cognitive psychology, artificial intelligence, linguistics, rational philosophy, and neurobiology. Additionally, it highlights artificial intelligence’s sensitivity to anthropocentric perspectives.

Keywords: epistemology, frame, anthropocentrism, posthumanist, cognitive, anthropomorphism, metaphor

АНТРОПОЦЕНТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ

Гюнель Махаммад Байрамова
Доктор филологических наук, доцент
Азербайджанский университет языков, г. Баку
gunelf@mail.ru

Резюме

Мы живем в чрезвычайно сложную эпоху, когда события развиваются стремительно и постоянно трансформируются. Почти каждый день, а иногда и каждый час, мы становимся свидетелями новых технологических изменений. Развитие науки и технологий направлено на повышение благосостояния человека, а также на совершенствование его физических и умственных способностей. Однако некоторые результаты этого прогресса иногда используются во вред человечеству.

Антропоцентризм ставит человека в центр мира, делая его, в определенной степени, «властелином природы». В трансгуманизме этот подход приобретает парадоксальный характер, достигая своей кульминации в господстве технологий. В этом смысле трансгуманизм ставит под сомнение само определение человечности, которое на протяжении тысячелетий находилось в центре философских дискуссий. Один из ведущих представителей этой области, Рэй Курцвейл, предсказывает, что искусственный интеллект со временем станет независимой творческой силой, ускоряющей прогресс и в конечном итоге ведущей к сингулярности — гипотетическому моменту, когда технологическое развитие становится принципиально неконтролируемым и необратимым, вызывая кардинальные изменения в человеческой цивилизации.

Как новый, сложный и высокотехнологичный мир нашего века может оказаться непостижимым для столь антропоцентричного интеллектуального мышления? Означает ли это, что мы должны отказаться от антропоцентризма? Вовсе нет. Напротив, пока существует человечество, оно всегда будет способно осмысливать все, что создается его разумом.

В данной статье исследуется взаимодействие человеческого интеллекта, создающего и развивающего искусственный интеллект, с такими областями знаний, как эпистемология, философия, когниция и когнитивные науки. Также рассматривается, как эпистемология функционирует как междисциплинарная область, объединяя когнитивную психологию, искусственный интеллект, лингвистику, рациональную философию и нейробиологию. Кроме того, подчеркивается чувствительность искусственного интеллекта к антропоцентрическим подходам.

Ключевые слова: эпистемология, фрейм, антропоцентризм, постгуманизм, когнитивный, антропоморфизм, метафора.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЕКТА В ИЗУЧЕНИИ НАРОДНОГО ТВОРЧЕСТВА

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17418938>

Ельнара Буниятова

Азербайджан г Баку Научный сотрудник НАНА Институт Востоковедения
имени Акад.З.М. Буниятова.
e-mail:buniyatova-elnara@mail.ru

Аннотация

Приступая к исследованию в первую очередь следует отметить, что «Книга моего Деда-Горгуда» в качестве совершенного художественного эпического творения, с начальной стадии своего зарождения вплоть до VII века, вбирала в себе различные сказания и повествования и представила их в синкретическом единстве с народной поэзией. Как указывает академик Иса Габиббейли, сюжет, составленный на основе мотивов народного фольклорного творчества был систематизирован в рамках целостного эпического творения Деда-Горгудом, выходцем из племени Боят.

В дальнейшем сказании Деда-Горгуда, величайшего сказителя тюркского мира были усовершенствованы, распространены им самим и его последователями народными сказителями в народной среде.

Как отмечено академиком Иса Габиббейли «Таким образом «Книга моего Деда-Горгуда» в качестве целостного завершенного литературного памятника был создан в VII веке» (Иса Габиббейли «Книга моего Деда-Горгуда; письменный эпос или эпопея» Баку, изд. «Елм», 2020 г., стр.21)

Резюмируя вышеизложенное об эпосе «Книга моего Деда-Горгуда» как о выдающемся произведении письменной литературы, созданный художественным гением азербайджанского народа, следует отметить исключительную его значимость в развитии национального самосознания, идеологии Азербайджанства.

С этого ракурса чрезвычайно ценны слова Великого Гейдара Алиева. «Книга моего Деда-Горгуда» принадлежит всему тюркскому миру, родиной ее является Азербайджан ее владельцем является азербайджанский народ, независимое Азербайджанское государство» (Heydər Əliyev "Milli

varlığımızın mötəbər qaynağı”, Dədə-Qorqud dünyası. Bakı, 2004-cü il, s. 16).

Президент Азербайджана Илхам Алиев характеризует значение «Книга моего Деда-Горгуда», дал высокую оценку этому величайшему, литературному творению, сыгравшую неоценимую роль в истории и в судьбе азербайджанского народа.

В торжественной церемонии в случае установления памятника Деде Горгуда в г. Баку Президент Азербайджана Илхам Алиев сказал:

«Книга моего Деда-Горгуда является» национальным достоянием азербайджанского народа» (Речь Президента Азербайджана Илхам Алиева в торжественной церемонии в случае установления памятника Деде Горгуда в г. Баку “Газета Азербайджан, 14 Декабря, 2013 г.). Следует отметить, что одним из главных, в изучении «Книга моего Деда-Горгуда» является вопрос об установления возраста этого величайшего произведения, созданный художественно-литературным гением азербайджанского народа.

Ключевые слова: «Книга моего Деда-Горгуда», исследование мифологии, философской науке, семантические, модели, технология

Введение

Традиционно исследование мифологии основывалось на глубоком анализе текстов и артефактов, опираясь на филологические, антропологические и культурологические подходы. Ученые вручную изучали мифы, сравнивая их структуры, темы и символы через различные культуры, чтобы выявить универсальные архетипы и культурно-специфические элементы. Этот процесс требовал значительного времени и человеческих ресурсов, при этом ограничиваясь количеством материалов, которые исследователь мог реально обработать. С развитием искусственного интеллекта методология исследования мифологии претерпела значительные изменения. Современные технологии ИИ, включая машинное обучение и обработку естественного языка (NLP), позволяют анализировать большие объемы текстовых данных с высокой скоростью и точностью. ИИ может автоматически классифицировать темы, определять ключевые символы и персонажей, а также выявлять связи и семантические

структуры, которые ранее могли ускользать от внимания исследователей.

Использование ИИ в исследовании мифологии не только ускорило процесс анализа, но и расширило его возможности. Например, технологии могут анализировать мифологические тексты на разных языках без предварительного перевода, что сохраняет первоначальные культурные нюансы. Исследователи теперь могут работать с масштабными базами данных, охватывающими мифы различных культур и временных периодов, выявляя общие паттерны и различия на глобальном уровне.

Вместе с возможностями, ИИ также ставит перед учеными новые вопросы и вызовы. Одна из главных проблем — интерпретация данных. Мифологические тексты часто содержат многослойные смыслы и метафоры, которые могут быть интерпретированы по-разному в зависимости от культурного и исторического контекста. Алгоритмы ИИ могут найти статистически значимые связи, но понимание их значимости и применимости в реальном мире остается задачей для человека.

Кроме того, вопросы конфиденциальности и этики становятся все более актуальными. Необходимо убедиться, что использование ИИ в исследовании мифологии не приводит к культурной апроприации или искажению культурных нарративов. Ученые должны работать в тесном сотрудничестве с представителями изучаемых культур, чтобы исследования были проведены уважительно и корректно.

Таким образом, интеграция ИИ в мифологические исследования представляет собой мощный инструмент, который открывает новые горизонты для понимания человеческой культуры. Однако, чтобы полностью реализовать его потенциал, необходимо соблюдать баланс между технологическими инновациями и традиционными методологиями, учитывая культурные и этические аспекты. Конкретные технологические инновации в исследовании мифологии

Нейронные сети в анализе мифологических текстов
Нейронные сети, в частности, модели глубокого обучения, играют важную роль в анализе и интерпретации мифологических текстов. Одним из примеров применения нейронных сетей является использование рекуррентных нейронных сетей (RNN) и трансформеров, таких как BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) или GPT (Generative Pre-trained Transformer), для анализа

последовательностей данных. Эти модели обучаются на больших текстовых корпусах, что позволяет им выявлять и интерпретировать повторяющиеся мотивы, символы и структурные элементы в мифологических текстах. Например, RNN способна анализировать тексты, сохраняя контекст предыдущих фрагментов, что критично при работе с мифами, где сюжет может развиваться нелинейно.

Технология NLP (Natural Language Processing) Технология NLP используется для извлечения данных, анализа настроений и семантического анализа в мифологических текстах. Она позволяет: Извлечение сущностей: алгоритмы NLP могут автоматически идентифицировать и классифицировать ключевые сущности в текстах, такие как персонажи, географические названия и временные периоды. Это помогает в создании связей между различными мифами и культурами.

Анализ настроений: NLP может определять эмоциональный окрас текста, что важно для понимания мотивов и отношений персонажей в мифах. Это также помогает выявить общие эмоциональные темы в мифах разных культур.

Семантическое моделирование: с помощью алгоритмов, таких как Latent Dirichlet Allocation (LDA) или Word2Vec, можно выявлять скрытые темы и строить семантические пространства, которые позволяют увидеть, как различные концепции связаны между собой внутри мифологического корпуса.

В настоящем научном исследовании в соответствии с поставленной исследовательской задачей анализируется особенности применения искусственного интеллекта в изучении фольклорного творчества.

В статье в качестве его предмета нами выбрано народное сказание «Книга Деда Горгуда», являющийся легендой устной народной литературы и величайшим творением письменной литературы Азербайджана.

Великий Гейдар Алиев присущий ему дальновидностью указал на важность этого вопроса, и поставил перед учеными цель что бы, решать эту задачу.

Посредством тщательного изучения этого вопроса было принято решение датировать момент зарождения эпоса «Книга моего Деда-Горгуда» ко второй половине VII века нашей эры.

Приступая к исследованию научной работы в первую очередь следует отметить, огромную и важную роль в

исследовании «Книга моего Деда-Горгуда» – этого величайшего эпоса азербайджанского народа сыграл академик Иса Габиббейли. Характеризуя «Книга моего Деда-Горгуда», в качестве героического эпоса азербайджанского народа, академик Иса Габиббейли представил его в другом не менее важном статусе как выдающиеся произведение национальной письменной литературы.

Рассматривая вопрос о «Книга моего Деда-Горгуда», как произведение письменной литературы академик Иса Габиббейли указывает, что стихотворное содержание «Книга моего Деда-Горгуда», состоит из глубокомысленных стихов, являющихся продуктом художественного замысла одного автора и представляет собой доказательство принадлежности «Книга моего Деда-Горгуда» к письменной литературе.

Далее академик Иса Габиббейли выдвигает важную идею о том, что в «Огузنامه бои и сказании циркулирующие среди народа в устном виде, были переработаны и составлены в книжном виде Деде-Горгудом, переданы своим современникам и завещаны последующим поколениям». (Иса Габиббейли «Книга моего Деда-Горгуда: письменный эпос или эпопея» Баку, изд. «Елм», 2020г., стр. 9- 10).

В вышеизложенной идее академика Иса Габиббейли отмечена чрезвычайно важная особенность «Книга моего Деда-Горгуда», заключающийся в том, что являясь творением письменной литературы на основе фольклорного, устного народного художественно-литературного творчества «Книга моего Деда-Горгуда» представляет собой уникальное явление в мировом масштабе» (см. там же).

Вместе с тем доводы, приведенные академиком Иса Габиббейли подтверждает правомерность тезиса о том, что, «Книга моего Деда-Горгуда» также принадлежит к письменной литературе азербайджанского народа.

При этом ими были применены средства современных методологических парадигм, в частности методы гомологии и аналогии.

В современной философской науке следует отметить наряду с основными методами культурно – исторической эпистемологии (аналогия, гомология) в исследовании художественного творчества широко применяются методы искусственного интеллекта. В частности, особо следует отметить применение технологии искусственного интеллекта в анализе художественно-литературного языка в области семантики, семиотики, и прагматики. В данном случае речь идет о сравнительном анализе текстов Деде Горгуд в его

фольклерном письменном варианте в качестве художественного произведения. Выше мы отметили чрезвычайно важную идею акад. Иса Габибейли о том, что, эпос (дастан) Деда Горгуда, являясь первоначально устным произведением в дальнейшем Деде Горгудом был преобразован в письменное художественное произведение.

В данном случае для проведения соответствующего исследования по сравнительному анализу текстов устного и письменного вариантов эпоса Деде Горгуд с применением искусственного интеллекта необходимо разрабатывать в них лексическую формализованную модель конкретных выражений.

В дальнейшем созданные соответствующие семантические формализованные модели подвергаются процедурам идентификации. В заключительном этапе проведенного сравнительного анализа формальные семантические модели языковых текстов проходят компьютерную обработку на основе разработанной программы. В данном этапе результаты получения на основе применения искусственного интеллекта, компьютерной информационной технологии проходят необходимую процедуру декодирования. Другими словами, декодирования полученных результатов предполагает словесное их выражения. **Заключение:** Как видно из вышеприведенного исследования, по применению технологий искусственного интеллекта, в данном случае проведенный научно исследовательский анализ представляет возможность получения научно обоснованную концепцию соотношения устного народного творчества и письменного художественного произведения.

Литература

1. AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI Heydər Əliyev və Azərbaycan xalq mədəniyyəti. Bakı, Elm və təhsil, 2023, 324 səh.
2. İlham Əliyevin prezidentliyinin 365 günü və vətəndaş cəmiyyəti
Nəşriyyat: CBS Polygraphic Production Nəşr yeri: Bakı Nəşr ili: 2004 Səhifə: 488
3. Məmmədzadə İ.R. Qloballaşma və müasirləşmə şəraitində fəlsəfənin aktuallığı haqqında. Bakı, Təknur, 2009. 226 s

4. Мамедзаде И.Р «Философия о современности, истории и культуре (О контурах историко-культурной эпистемологии Баку», «Elm və təhsil», 2020. 402 с.
5. Мəммədзadə İlham Bir daha fəlsəfə haqqında Bakı “Elm və təhsil”, 2019. 305 s
6. <https://philosophy.edu.az/index.php?newsid=1240>
7. Мамедзаде И.Р. Насими и некоторые вопросы философии культуры/ В книге Поэзия Насими – гимн человеку Синтез духовно-культурных ценностей Востока и Запада М. «КАНОН-Плюс», 2021, <http://philosophy.edu.az/index.php?newsid=1243>
8. Мамедзаде И.Р., Махаматов Т.М. От религиозно-этнической цивилизации к глобальной: цивилизация тюркско-мусульманского мира//Век Глобализации Исследования Современных Глобальных Процессов №4, 2020, <https://www.socionauki.ru/journal/articles/2790359/>
9. <https://dzen.ru/a/Zji1Y35RUCRVth2d>
10. Нəбیبbəyli İ.Ə. “KITABI-DƏDƏ QORQUD”:
YAZILI EPOS VƏ EPOPEYA /- Bakı: Elm, – 2020. -278 s.

SÜNİ İNTELLEKTİN ÇATIŞMAZLIQLARI: ƏSAS RİSKLƏR VƏ MƏNFİ NƏTİCƏLƏR

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17418946>

Əli Səbzəliyev

elisebzeliyev@ndu.edu.az

<https://orcid.org/0009-0007-1755-4500>

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Ənnağı Əsgərov

askerov197@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-0629-1240>

Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu

Xülasə: Süni intellekt verilənlərin proqramlaşdırma ilə məşğul olmasına imkan vermək üçün mütərəqqi öyrənmə alqoritmləri vasitəsilə uyğunlaşır. Verilənlərdə struktur və qanunauyğunluq tapır, ona görə də alqoritm təsnifatçı və ya proqnozlaşdırıcı kimi bacarıq əldə edir.

Süni intellekt mövcud məhsullara zəka əlavə edir. Avtomatlaşdırma, danışiq platformaları, botlar və ağıllı maşınlar evdə və iş yerində təhlükəsizlik baxımından investisiya təhlilinə qədər bir çox texnologiyaları təkmilləşdirmək üçün böyük həcmdə məlumatlarla birləşdirilə bilər.

Bu məqalə süni intellektdən, insan intellektindən geri qalmayan süni intellekt yaratmaq cəhdlərindən bəhs edir. Artıq mövcud olan və gündəlik həyatda istifadə olunan süni intellekt sistemləri, süni intellekt sahəsində risklər və onun mənfi cəhətləri haqqında məlumatlar verilir.

Açar sözlər: süni intellekt (Sİ), texnologiya, tərəqqi, robot, alqoritm, risk

Süni intellekt (Sİ) ağıllı maşınların, xüsusən də məntiqi problemləri həll etməyə qadir olan intellektual proqramların yaradılması elmi və texnologiyasıdır. "Zəka" termini ən yaxşı şəkildə insanın öz davranışını yeni şəraitə uyğunlaşdırmaq qabiliyyəti kimi başa düşülür. İnsan zəkası bir qabiliyyət deyil, bütün qabiliyyətlər qrupudur, məsələn: hiss, qavrayış, təfəkkür, təxəyyül, təsvir, yaddaş.

Uzun illərdir ki, süni intellekt tədqiqatçıları və tərtibatçıları insan kimi öyrənə və düşünə bilən Süni İntellekt yaratmağa çalışırlar. Ümumilikdə İntellekt dedikdə, robot texnikasına yalnız insanların malik olduğu aspektlərin daxil edilməsini nəzərdə tuturuq, məsələn: sosial intellekt (insanları düzgün başa düşmək bacarığı), ehtiyatlılıq, sağlam düşüncə, müdriklik və hiss etmək qabiliyyəti [2].

Düşünə bilən maşın yaratmalıyıq mı? Qədim dövrlərdən bəri insan təfəkkür və düşüncə qabiliyyətinə malik oxşar yaratmağa maraq göstərmişdir. Lakin bu suala cavab verəndə insanların fikirləri fərqlidir. Bəziləri süni intellektdən istifadə etmədən tərəqqinin mümkünsüz olduğuna inanır, bəziləri isə süni intellektin yalnız zərər verə biləcəyinə inanır.

Süni intellekt bizi əsarət altına alıb dünyanı idarə etməyə başlaya bilər. Başa düşmək lazımdır ki, süni intellekt bir sıra üstünlüklərə malikdir, lakin onun mənfi cəhətləri də var. İnsanlara kömək etmək üçün süni intellektdən istifadə etməzdən əvvəl bütün risklər diqqətlə ölçülməlidir.

Süni intellekt (Sİ) haqqında danışarkən, ağıllı robotların bəşəriyyəti öz qabiliyyətləri ilə təəccübləndirdiyi və ya daha çox təhlükəli sərgüzəştlər təşkil etdiyi maraqlı film süjetləri tez-tez ağılımıza gəlir. Əslində, süni intellekt uzun müddətdir ətrafımızdadır: o, YouTube-da bizə videoları "sürüşdürür", həkimlərə nadir xəstəlikləri tapmağa kömək edir və onlayn mağazalar vasitəsilə məhsullar tövsiyə edir.

Biz fərq etməyə başlayana qədər hər şey nağıl kimi səslənir: hər güclü texnologiyanın öz qaranlıq tərəfi var, ona susmaq olmaz [5].

Potensial iş yerlərinin itirilməsi

"Süni intellekt" sözlərinin tez-tez doğurduğu ilk assosiasiya insanların kütləvi şəkildə maşınlarla əvəzlənməsi ideyasıdır. Baxmayaraq ki, bu qorxular tez-tez şişirdilir və futuroloqlar bunun "dünyanın rəqəmsal sonu" və ya mavi yaxalıq işlərinin yeni erası olacağı ilə bağlı müxtəlif yollarla mübahisə edirlər, problemi nəzərdən qaçıрмаq olmaz.

Təsəvvür edək ki, əvvəllər bir fabrikdə bir neçə komanda işləyirdi: hər biri öz işi ilə məşğul olurdu. İndi ağıllı alqoritmlərlə "doldurulmuş" avtomatlaşdırılmış bir xətt tətbiq etmək kifayətdir və bütün proses (qablaşdırma, qüsurların yoxlanılması, hətta anbar) insanın iştirakı olmadan baş verir. Buna görə də, burada mənfi cəhət göz qabağındadır: Sİ həqiqətən əməyi avtomatlaşdırır, lakin insanın yeni realıqda yer tapmaq üçün həmişə yenidən işi öyrənməyə başlamaya vaxtı olmur. Və elə olur ki, bütün peşələr ölür [4].

Məxfilik və məlumat təhlükəsizliyinə təhdidlər

Süni intellektə "öyrənmək" və proqnozlar vermək üçün böyük həcmdə məlumat lazımdır. Bu o deməkdir ki, Sİ tətbiq edən şirkətlər müştərilər və ya istifadəçilər haqqında mümkün qədər çox məlumat əldə etmək istəyirlər. Bir tərəfdən, xidmət hansı məhsullara baxdığını görəndə və xüsusi olaraq onlara endirimlər təklif edəndə çox gözəl olur. Digər tərəfdən, alqoritmlərin şəxsi həyata nə qədər dərinə nüfuz edə bilməsi qorxuludur.

Təhlükəsizlik texnologiyaları həmişə bu məlumatları oğurlamaq və ya onları vicdansız məqsədlər üçün istifadə etmək istəyənlərlə ayaqlaşmır. Nəticədə, məxfiliyin pozulması təhlükəmiz var. Biz məxfi məlumatların yanlış əllərə keçməsindən və ya internetə sızmasından narahatıq. Süni intellekt sistemləri tez-tez o qədər mürəkkəb məlumat dəstləri ilə işləyir ki, "sıçrayışın" tam olaraq harada baş verdiyini başa düşmək belə çətin olur.

Bir çox süni intellekt modelləri, xüsusən də neyron şəbəkələri qara qutu prinsipi ilə işləyir. Başqa sözlə, biz giriş məlumatlarını təyin edirik, çıxış nəticəsini alırıq. Əvvəlki sistemlərdə (məsələn, klassik ekspert sistemlərində) nəticənin məntiqini aydın şəkildə izləmək mümkün olduğu halda, dərin neyron şəbəkələrində hər şey daha mürəkkəbdir.

Bu şəffaflığın olmaması etimad problemlərinə gətirib çıxarır. Tutaq ki, süni intellekt müəyyən simptomları olan bir xəstənin müəyyən bir xəstəliyə tutulma şansının 90% olduğunu "deyir". Həkim alqoritmə etibar edə bilər, lakin həm mütəxəssisin, həm də xəstənin soruşmaq hüququ var: "Niyə məhz 90%, bu nəyə əsaslanır?" Və belə çıxır ki, "insan beyni" üçün başa düşülən dəqiq arqumentasiya yoxdur. Bəzi tədqiqatlar neyron şəbəkələrinin məntiqini "izah etmək" məqsədi daşıyır, lakin bu hələ tam aydınlıqdan uzaqdır.

Belə çıxır ki, süni intellekt bizdən daha ağıllıdır, lakin onun öz nəticələrinə necə gəldiyini izah edə bilmərik. Bu da risklidir: bütün bunlardan sonra məlumatlarda bircə səhv alqoritmi tamamilə yanlış yerə apara bilər və o zaman biz "kim bilir nəyə" etibar edəcəyik [1].

Süni intellektin inkişafı təkcə xeyirxah əməllər üçün deyil, cinayətkarlar üçün də yeni imkanlar açır. Aşağıdakı vəziyyəti təsəvvür edək: təcavüzkarlar modellərini kompüter sistemlərində zəiflikləri tanımaq üçün öyrədirlər. Alqoritm optimal "hacking" üsulunu seçir, yüzlərlə variantdan keçir və hətta mütəxəssislərin bilmədiyi boşluq tapır. Belə bir "ağıllı" köməkçi zərər üçün istifadə edildikdə, zərər böyük ola bilər.

Üstəlik, saxta videolar və audiolar (deepfake) da alqoritmaların nəticəsidir. İnsanlar artıq siyasətçilərin heç vaxt demədikləri şeyləri dedikləri və ya məşhurların "saxta" videolarda göründüyü real videolar yaradırlar. Bu, nəinki konkret şəxslərin reputasiyasına xələl gətirir, həm də ümumilikdə informasiyaya inamı sarsıdır. Gerçəkliyi ağılla yaradılmış "saxtadan" ayırmaq mümkün olmadıqda, bütövlükdə cəmiyyət risk altında olur.

Beləliklə, süni intellekt "yaxşılıq üçün qüvvə" rolunu oynaya bilər, lakin o, hakerlərin, fırıldaqçıların və təbliğatçıların potensial zərərini də xeyli artırmağa bilər. Sistemin intellekt səviyyəsi nə qədər yüksəkdirsə, onun zərərli istifadə riski bir o qədər yüksəkdir.

Artıq hamımız həyatı smartfonlarsız təsəvvür edə bilmirik. Cəmi 15-20 il bundan əvvəl insanların çoxu kağız xəritələrlə asanlıqla keçinirdi və ya yoldan keçənlərdən istiqamət soruşurdu. Bu gün bir çox insanlar hətta doğma şəhərlərində də naviqatorlarını işə salırlar. Bir tərəfdən rahatdır, digər tərəfdən narahatlığa səbəb olur: "Navigator nasazdırsa və ya səhv marşrut verirsə?" Bəzi sürücülərin təlimatlara əməl edərək əlverişsiz marşrutlar seçdiyini və ya ümumiyyətlə müstəqil naviqasiya qabiliyyətini itirdiyini görmüsünüzmü?

Süni intellekt sistemləri bizə hansı filmlərə baxmaq, hara tətillə getmək, hansı qruplara abunə olmaq lazım olduğunu söyləyir. Onlar bizim maraqlarımızı və görüş dairəmizi "bilirlər", lakin bu rahatlıq rəqəmsal asılılığa çevrilə bilər. Özümüz üçün düşünməyi öyrənməyi dayandırırıq. Alqoritmlər görüş dairəmizi elə formalaşdırmağa başlayır ki, biz istər-istəməz özümüzü yalnız vərdişlərimizə və davranışlarımıza uyğun gələnə gördüyümüz "süzgəc qabarcığında" tapırıq. Nəticədə, görüş dairəmizin genişlənməsi dayanır və müstəqil təhlilə öyrəşməyən beyin, çətin ki, intellektual formanı qorusun.

Bugünkü dünya süni intellektə bərabər çıxış əldə etməkdən uzaqdır. Güclü infrastruktur, superkompüterlər və ən qabaqcıl inkişaf əsasən iri korporasiyaların və inkişaf etmiş ölkələrin əlində cəmləşib. Kasıb ölkələrdə isə rəqəmsallaşma səviyyəsi çox

geridə qala bilər. Nəticədə rəqəmsal bərabərsizlik yaranır: bəzi cəmiyyətlər elm, iqtisadiyyat və tibbdə süni intellektdən istifadə etməklə irəliləyir; digərləri isə sadəcə olaraq maliyyə, mütəxəssis və texniki resurs çatışmazlığından geri qalırlar. Bu boşluq sosial gərginliyi və iqtisadi balanssızlığı daha da gücləndirə bilər, süni intellekt ümumi mənfədən daha çox bərabərsizlik üçün alətə çevrilə bilər [5].

Qərarların avtomatik qəbul edilməsinə öyrəşdiyimiz zaman bir qorxu yaranır: bir az da həssas və humanistləşmirikmi? Empatiya, canlı ünsiyyət və fərdi yanaşmanın vacib olduğu sahələr var. Məsələn, psixologiyada, pedaqogikada, incəsənətdə. Bu sahələrin bəzilərini robotlarla əvəz etsək, həqiqətən prosesləri sürətləndirəcək və maya dəyərini azaldacaşıq, amma ruhlandırıcılığı itirməyəcəyikmi?

Bəzən bir chatbotla danışmaq sadə suallara gəldikdə pis fikir deyil: "Mən hesabı necə ödəyə bilərəm?" və ya "Müraciət formasını haradan yükləyə bilərəm?" Ancaq insan çətin emosional vəziyyətdə olduqda, botun "proqramlaşdırılmış təbəssümü" və ya şablon simpatiya ifadələri ona kömək edə bilməz. Eyni şeyi yaradıcı tapşırıqlar haqqında da demək olar: neyron şəbəkələr artıq şeir və musiqi yazır, lakin bu sünilik həmişə səmimi insan hisslərini əvəz etməyə qadirdirmi?

İnsan faktorunu rədd etmək səmərəlilik axtarışında insanlığı itirməyimizlə nəticələnə bilər. Bunu həyata keçirmək həmişə asan olmur, xüsusən də hər şeyi daha yaxşı, daha sürətli və daha ucuz etmək istəyən "dəbli" texnologiyalarla əhatə olunanda.

Süni intellektin əsas çatışmazlıqları

- Süni intellektin əsas çatışmazlıqlarından biri texniki xidmət və təmir xərcləridir. Dəyişən tələblərə cavab vermək üçün proqram təminatı daim yenilənməlidir. Xüsusi sıradan çıxma hallarında təmir xərcləri çox yüksək ola bilər.
- İnsanabənzər maşınlar yaratmaq etik cəhətdən düzgündürmü? Əxlaqi dəyərlərimiz zəkamızı yenidən yaratmağa imkan verəcəkmi? Axı zəka təbiətin bir hədiyyəsidir. Onun bizim xeyrimizə işləməsi üçün maşına quraşdırmaq düzgün deyil.
- Hər bir fəaliyyət sahəsində robotlar insanları əvəz etməyə başlasa, bu, işsizliyə səbəb ola bilər. İnsanlar sadəcə olaraq heç bir şeysiz qalacaqlar.
- Bundan əlavə, intellektdən istifadə ehtiyacının azalması, qeyri-adi düşüncə və çoxşaxəli işlərə görə insanın zehni qabiliyyətləri azala bilər. Müxtəlif köməyi sayəsində texnologiyadan istifadə etdikdə insanın öz düşüncəsindən istifadə etməsinə ehtiyac qalmayacaq və o, getdikcə axmaqlaşacaq. Maşınlardan asılılıq görünəcək.
- Döyüş robotları səhv əllərə düşsə, bu, məhvə səbəb olacaq. Maşın hərəkət etməzdən əvvəl düşünür.
- Bütün bu mənfi cəhətlərə əlavə olaraq robotların insanları əvəz edəcəyi qorxusu var. İdeal olaraq, insanlar maşınların ustası olaraq qalmalıdırlar. Ancaq hər şey əksinə olarsa, dünya insan üçün xaosla çevriləcək. Süni intellekt bizi əsarət altına alıb dünyanı idarə etməyə başlaya bilər [4].

Yuxarıda göstərilənlərin hamısına əsaslanaraq, süni intellekt sadəcə faydalı vasitə deyil, həm də potensial problemlərin mənbəyidir. Mənfi təsirləri azaltmaq üçün bir neçə üsul var:

- ✓ **Məsuliyyətli inkişaf:** Sİ-i insanların həyatını həqiqətən yaxşılaşdırdığı yerdə tətbiq etməliyik. Eyni zamanda, qanunlar və etik standartlar üzərində işləməliyik.
- ✓ **Rəqəmsal savadlılığın təkmilləşdirilməsi:** insanlar süni intellektin ən azı əsas mexanizmlərini nə qədər çox başa düşsələr, manipulyasiya və “sehrli texnologiyalar” qorxusu üçün bir o qədər az yer olar.
- ✓ **Məlumat etikası:** Böyük məlumatların toplanması və saxlanması şəffaf və təhlükəsiz olmalıdır. İnsanlar bilməlidirlər ki, onların məlumatları təcavüzkarlar üçün “ov” olmayacaq.
- ✓ **Avtomatlaşdırmaya balanslaşdırılmış yanaşma:** İnsanı Sİ sistemi ilə əvəz etməzdən əvvəl əmək bazarı üçün risklər və işçilərin yenidən hazırlanması imkanları barədə düşünməliyik.
- ✓ **Təhlükəsiz texnologiyaların inkişafı:** Getdikcə artan “ağıllı” alqoritmlərin inkişafı ilə paralel olaraq, biz bu alqoritmləri daha başa düşülən, idarə olunan və ətraf mühitə uyğunlaşdıran həllərə sərmayə qoymalıyıq.

“Süni intellekt” dediyimiz alqoritmlərin özləri nə xeyirxah, nə də pisniyyətlidir. Onlar sadəcə bizim istəklərimizi, dəyərlərimizi və texniki imkanlarımızı əks etdirir. Amma bu həm də o deməkdir ki, nəticələrə görə məsuliyyət son nəticədə bizim üzərimizdədir. Süni intellektlə nə qədər şüurlu işləsək, mənfi cəhətlərin fəlakətə çevrilməməsi şansı bir o qədər yüksək olar və müsbət tərəflər bizi texnologiyanın gündəlik “möcüzələri” ilə sevindirməyə davam edər [2].

Süni intellekt bəşəriyyətin güzgüsüdür. Əgər onun gətirdiyi çağırışlara daha yaxından nəzər salsaq, görərik ki, onlar əsasən öz zəif cəhətlərimizi əks etdirir: mənfəət istəyi, ətraf mühitə etinasızlıq, cəmiyyətin qeyri-bərabər inkişafı və güc ehtirası. Ola bilsin ki, bunu dərk etmək hələ də sağlam düşüncə və etik prinsipləri qoruyub saxlamaqla süni intellektdən xeyirli istifadəyə doğru bir addımdır.

Ədəbiyyat

1. Алейникова, Д.В. К проблеме общения человека с искусственным интеллектом. Вестник Московского государственного лингвистического университета. Образование и педагогические науки. – 2023. – Вып. 3 (848). – с.9-15
2. Баррат, Д. Последнее изобретение человечества: Искусственный интеллект и конец эры Homo sapiens. – Москва: 2016. – 304 с.
3. Баканов, Б.А. Нейросети и брендинг. Искусственный интеллект как тест на человечность. – 2023. – № 3. – с.170-177
4. <http://www.aiportal.ru/articles/other/actual-developments.html>
5. <http://www.buzzle.com/articles/pros-and-cons-of-artificial-intelligence.html>

Али Сабзалиев, Аннаги Аскеров

НЕДОСТАТКИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: ОСНОВНЫЕ РИСКИ И НЕГАТИВНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

РЕЗЮМЕ

Искусственный интеллект адаптируется с помощью прогрессивных алгоритмов обучения, позволяя программировать данные. Он находит структуру и закономерности в данных, благодаря чему алгоритм приобретает навыки классификатора или предиктора.

Искусственный интеллект добавляет интеллектуальные возможности существующим продуктам. Автоматизацию, диалоговые платформы, ботов и интеллектуальные машины можно объединить с большими объемами данных для улучшения многих технологий – от безопасности дома и рабочего места до инвестиционного анализа.

В этой статье речь идет об искусственном интеллекте и попытках создания искусственного интеллекта, не уступающего человеческому. Приведена информация о системах искусственного интеллекта, которые уже существуют и используются в повседневной жизни, а также о рисках и недостатках в области искусственного интеллекта.

Ключевые слова: искусственный интеллект (ИИ), технология, прогресс, робот, алгоритм, риск

Ali Sabzaliyev, Annagi Asgarov

DISADVANTAGES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE: MAIN RISKS AND NEGATIVE CONSEQUENCES

SUMMARY

Artificial intelligence adapts through progressive learning algorithms to allow data to be programmed. It finds structure and regularities in the data, so the algorithm acquires skills as a classifier or predictor.

Artificial intelligence adds intelligence to existing products. Automation, conversational platforms, bots, and smart machines can be combined with large amounts of data to improve a range of technologies, from home and workplace security to investment analysis.

This article discusses artificial intelligence, attempts to create artificial intelligence that is not inferior to human intelligence. Information is provided about the artificial intelligence systems that already exist and are used in everyday life, risks in the field of artificial intelligence and its negative aspects.

Keywords: artificial intelligence (AI), technology, progress, robot, algorithm, risk

Hüseyn Qasimov

husenqasimov@ndu.edu.az

0000-0002-3714-875X

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Ayşə Qazıyeva

qaziyeva.ayse@gmail.com

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Xülasə

Süni intellektin (SI) biometrik təhlükəsizlik sistemlərində istifadəsi, bu sahədə inqilabi dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Biometrik sistemlər, insanların bədən quruluşunun və davranışlarının unikal xüsusiyyətlərinə əsaslanaraq, onların şəxsiyyətini müəyyən edir. Bu sistemlər arasında üz tanıma, barmaq izi tanıma, səs tanıma və iris skaneri kimi metodlar ən çox istifadə edilənlərdir. Süni intellektin tətbiqi ilə biometrik sistemlər daha dəqiq, sürətli və səmərəli olur.

Süni intellekt, maşın öyrənmə və dərin öyrənmə alqoritmləri ilə biometrik məlumatları daha dəqiq təhlil edir, səhv tanıma hallarını azaldır və təhlükəsizlik səviyyəsini artırır. Üz tanıma və barmaq izi sistemləri, insanın bədən xüsusiyyətlərini təhlil edərək doğru şəxsiyyət təsdiqini təmin edir, səs tanıma və iris skaneri isə unikal xüsusiyyətləri təhlil edərək insanları tanıyır. Bu texnologiyaların istifadəsi, təhlükəsizlik sistemlərini daha güclü edir və təcrübəni daha rahat hala gətirir. Həmçinin, şəxsi məlumatların qorunması və etik məsələlər önəmlidir. Biometrik məlumatların təhlükəsizliyi ciddi tənzimləmələrə ehtiyac duyur, çünki bu məlumatların oğurlanması şəxslərin şəxsiyyətini təhdid edə bilər. Nəticədə, süni intellektin biometrik təhlükəsizlik sistemlərində tətbiqi, təhlükəsizlik və doğruluğu artırarkən, etik və hüquqi məsələlərin diqqətlə tənzimlənməsini tələb edir.

Açar sözlər: Süni intellekt, biometrik, təhlükəsizlik, tətbiq

Biometrik təhlükəsizlik sistemləri, insanları unikal fiziki və ya davranışsal xüsusiyyətlərə əsaslanaraq tanıyan və onların şəxsiyyətini təsdiq edən texnologiyalardır. Bu sistemlərdə istifadə olunan biometrik məlumatlar, şəxsiyyətin doğru müəyyən edilməsi və təhlükəsizliyin artırılması məqsədilə fərdi xüsusiyyətləri ölçür. Süni intellekt (SI) texnologiyalarının biometrik sistemlərlə birləşdirilməsi, bu sahədəki inqilabi yeniliklərdən biridir. SI, biometrik sistemlərin doğruluğunu artırmağa, məlumatların analizini sürətləndirməyə və sistemin ümumi təhlükəsizlik səviyyəsini yüksəltməyə kömək edir.

Son illərdə biometrik təhlükəsizlik sistemlərinin istifadəsi daha da genişlənmiş və həm şəxsi, həm də ictimai təhlükəsizliyin təmin olunmasında mühüm rol oynamağa başlamışdır. Üz tanıma, barmaq izi tanıma, səs tanıma və iris skaneri kimi biometrik texnologiyalar, müasir dünyada ən çox istifadə olunan identifikasiya üsullarından biri halına gəlmişdir. Bu məqalədə, süni intellektin biometrik təhlükəsizlik sahəsində tətbiqi və bu texnologiyaların imkanları, üstünlükləri, qarşılaşdığı çətinliklər və gələcəkdəki potensial inkişafı ətraflı şəkildə müzakirə ediləcəkdir.

Biometrik təhlükəsizlik sistemləri, insanın bədən quruluşunun və ya davranışının unikal xüsusiyyətlərinə əsaslanaraq, şəxsiyyətin müəyyən edilməsini təmin edir. Biometrik təhlükəsizlik texnologiyalarının əsas məqsədi, şəxslərin təhlükəsizliyini təmin etmək, onların şəxsiyyətini doğru bir şəkildə tanımaq və müvafiq icazələri təmin etməkdir. Hər bir insanın bədən quruluşu və davranışları müəyyən bir dərəcədə fərqlidir, buna görə biometrik məlumatlar insanı digərindən fərqləndirən unikal xüsusiyyətlər daşıyır. (İsmayılova, 2021, s. 93)

Süni intellekt, bu biometrik məlumatları daha dəqiq təhlil etməyə və təkrar tanıma prosesində səhvləri minimuma endirməyə imkan verir. Süni intellekt, daha əvvəlki məlumatları analiz edərək daha mürəkkəb alqoritmlər və maşın öyrənmə texnologiyaları tətbiq edir. Bu, biometrik sistemlərin doğruluğunu və sürətini artırır, nəticədə daha təhlükəsiz və səmərəli bir sistem əldə edilir.

Üz tanıma sistemi

Üz tanıma, biometrik təhlükəsizlik sahəsində ən çox istifadə edilən metodlardan biridir. Bu texnologiya, insanın üzünü skan edərək, onun xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirir və həmin xüsusiyyətləri verilənlər bazasında saxlanılan məlumatlarla müqayisə edir. Süni intellektin tətbiqi ilə, üz tanıma sistemləri daha dəqiq və sürətli işləyir.

Üz tanıma sistemləri, əksər hava limanlarında, dövlət binalarında və yüksək təhlükəsizlik tələb edən digər obyektlərdə istifadə olunur. Bu texnologiya, insanların şəxsiyyətini avtomatik və dəqiq şəkildə təsdiq etməyə imkan verir. Həmçinin, üz tanıma sistemi vasitəsilə üzərində maska taxan və ya çox yaşla əlaqəli dəyişikliklər yaşayan şəxslərin belə doğru tanınması mümkündür.

Barmaq izi tanıma sistemi

Barmaq izi tanıma sistemləri biometrik təhlükəsizlik sahəsində ən qədim və ən geniş istifadə olunan metodlardan biridir. Bu texnologiya, barmaq izlərinin unikal xüsusiyyətlərinə əsaslanaraq insanları tanıyır. Süni intellekt alqoritmləri, barmaq izlərini daha dəqiq tanımaq və müqayisə etmək qabiliyyətinə malikdir.

Bu sistemlər, yüksək təhlükəsizlik tələb edən sahələrdə, məsələn, bankomatlar, mobil telefonlar və müəssisələrdə istifadə olunur. Barmaq izi tanıma sistemləri, istifadəçilərin şəxsiyyətini tez və səhvsiz şəkildə doğrulamağa kömək edir.

Səs tanıma sistemi

Səs tanıma, insanın səsini biometrik identifikasiya vasitəsi kimi istifadə edən bir sistemdir. Bu texnologiya, hər bir insanın səs tonunu, səsin keyfiyyətini və digər unikal xüsusiyyətləri təhlil edərək, şəxsin şəxsiyyətini müəyyənləşdirir. Süni intellekt burada mühüm rol oynayır, çünki o, böyük verilənlər bazasında olan səsləri təhlil edərək, daha dəqiq nəticələr əldə edir.

Səs tanıma texnologiyası, xüsusilə telefonlar və müştəri xidmətləri sahələrində istifadə olunur. Müştəri dəstək xidmətləri, zəng mərkəzləri və avtomatik sistemlərdə bu texnologiya geniş yayılıb. Səsli əmrlərin tanınması və etibarlı giriş imkanı yaradır.

İris və retina skanerlər

İris və retina skanerləri, biometrik təhlükəsizlik sistemlərində ən etibarlı metodlardan biridir. İris və retina strukturları, insanların həyat boyu dəyişməz qalır və bu, onları şəxsiyyət təsdiqləmək üçün ən etibarlı məlumatlardan biri edir. Süni intellekt, bu məlumatları təhlil edərək, insanın göz strukturlarını çox dəqiq şəkildə tanıyır.

Bu texnologiya xüsusilə çox yüksək təhlükəsizlik tələb edən sahələrdə, məsələn, hərbi obyektlər, banklar və dövlət qurumlarında istifadə olunur. (Məmmədov, 2021, s. 114)

Süni intellekt, biometrik təhlükəsizlik sistemlərinin doğruluğunu artırır. Maşın öyrənmə alqoritmləri ilə, sistem insanın biometrik məlumatlarını daha dəqiq təhlil edir və səhv tanıma halları azalır. Bu texnologiya insan səhvlərini minimuma endirir və təcrübələri daha etibarlı edir.

Biometrik sistemlər, istifadəçilərə daha rahat və sürətli identifikasiya imkanı verir. İstifadəçilər şifrə və ya fiziki kart daşımaqdan narahat olmağa ehtiyac duymur. Sadəcə biometrik məlumatları təqdim edərək, sistemə daxil olmaq mümkündür.

Biometrik təhlükəsizlik sistemləri çox geniş sahələrdə tətbiq edilir. Banklar, mobil telefonlar, hava limanları, hərbi obyektlər, dövlət orqanları və müştəri xidmətləri bu texnologiyayı gündəlik həyatda istifadə edirlər.

Biometrik məlumatlar şəxsi məlumatlar arasında ən həssas olanlardır. Bu məlumatların oğurlanması və ya ələ keçirilməsi, şəxslərin öz kimliklərini itirməsinə və digər təhlükəsizlik problemlərinə səbəb ola bilər. Buna görə də, biometrik məlumatların qorunması və şifrələnməsi çox vacibdir.

Biometrik təhlükəsizlik sistemlərinin quraşdırılması və saxlanması yüksək maliyyətlərə səbəb ola bilər. Bəzi texnologiyalar, xüsusilə iris skaneri və retina tanıma, yüksək qiymətə malikdir və bunu tətbiq etmək üçün xüsusi infrastruktur tələb olunur.

Biometrik məlumatların toplanması və istifadəsi ilə bağlı etik və hüquqi məsələlər geniş müzakirə mövzusudur. İnsanların biometrik məlumatlarının icazəsiz toplanması və istifadə edilməsi, şəxsi azadlıqlara zidd ola bilər. Həmçinin, insanların şəxsiyyətinin yanlış tanınması halları da etik problemlər yaradır.

Nəticə

Süni intellektin biometrik təhlükəsizlik sistemlərində tətbiqi, təhlükəsizliyin artırılması və şəxsiyyətin doğru müəyyənləşdirilməsi sahəsində inqilabi bir yanaşmadır. Biometrik texnologiyalar, insanların unikal fiziki və davranışsal xüsusiyyətlərini təhlil edərək onların şəxsiyyətini doğrulamağa imkan verir. Üz tanıma, barmaq izi tanıma, səs tanıma və iris skaneri kimi texnologiyalar, insanın şəxsiyyətini çox dəqiq şəkildə müəyyən etməyə kömək edir. Süni intellektin bu sistemlərə inteqrasiyası, onların effektivliyini və dəqiqliyini artırır. Məsələn, üz tanıma və barmaq izi tanıma sistemləri, müxtəlif mühitlərdə və şəraitdə daha dəqiq işləyərək insanın şəxsiyyətini çox sürətlə və doğru müəyyən edə bilir. Səs tanıma və iris skaneri isə əlavə təbəqə təhlükəsizlik təmin edir və biometrik məlumatların daha etibarlı şəkildə toplanmasına imkan yaradır. Ancaq biometrik məlumatların toplanması, saxlanması və qorunması ilə bağlı etik və hüquqi məsələlər də vacibdir. Biometrik məlumatlar çox şəxsi və həssas məlumatlardır və onların oğurlanması, ələ keçirilməsi və ya sui-istifadə edilməsi ciddi təhlükəsizlik problemlərinə səbəb ola bilər. Bu səbəbdən biometrik məlumatların şifrələnməsi, qorunması və düzgün istifadəsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Dövlətlər və təşkilatlar, bu məlumatları qorumaq üçün güclü hüquqi çərçivələr yaratmalı və şəxsi məlumatların məxfiliyini təmin etməlidir. Süni intellektin biometrik təhlükəsizlik sistemlərində istifadəsi, texnoloji inkişaflarla daha da irəliləyəcək və gələcəkdə daha da genişlənəcəkdir. Bu, cəmiyyətin təhlükəsizlik səviyyəsini artırmaqla yanaşı, istifadəçilərin rahatlığını və təhlükəsizliyini təmin edəcəkdir. Lakin hər bir texnoloji

yeniliklə birlikdə yeni etik və hüquqi məsələlər də ortaya çıxacaq, bu məsələlərin düzgün tənzimlənməsi vacibdir.

Ədəbiyyat

1. Əliyev, E. İ. (2023). Biometrik təhlükəsizlik sistemləri: nəzəriyyə və tətbiqlər. Elmi əsərlər, Bakı: Nəşriyyat, 25-38.
2. Quliyev, A. M. (2022). Süni intellektin informasiya təhlükəsizliyində rolu. Elmi tədqiqatlar, Bakı: Təhsil Nəşriyyatı, 78-92.
3. Məmmədov, F. H. (2021). Biometrik sistemlərdə süni intellektin tətbiqi: problemlər və perspektivlər. Elmi jurnal, Bakı: Gənclik Nəşriyyatı, 111-124.
4. Hüseynova, L. A. (2020). Biometrik məlumatların təhlükəsizliyi və etik məsələlər. Təhlükəsizlik məsələləri, Bakı: Elmi Tədqiqatlar Mərkəzi, 50-65.
5. Rüstəmov, T. S. (2022). Şəxsiyyətin biometrik identifikasiyası: nəzəri və praktiki yanaşmalar. İnnovasiya və texnologiya, Bakı: Elm və Təhsil Nəşriyyatı, 30-45.
6. İsmayılov, S. Ş. (2021). Süni intellekt və biometrik texnologiyalar: gələcək perspektivlər. Elmi tədqiqatlar, Bakı: Azərnəşr, 88-102.
7. Məhərrəmov, N. T. (2020). Biometrik təhlükəsizlik sistemlərinin inkişafı və tətbiqi. Təhlükəsizlik texnologiyaları, Bakı: Təhsil Akademiyası, 72-85.
8. Məmmədov, C. R. (2023). Süni intellektlə biometrik sistemlərdə təhlükəsizlik məsələləri. İnformasiya təhlükəsizliyi, Bakı: Nəşriyyat Evi, 40-55.

Summary

The application of Artificial Intelligence (AI) in biometric security systems has led to revolutionary changes in this field. Biometric systems identify individuals based on unique physical and behavioral traits. The most commonly used methods include facial recognition, fingerprint recognition, voice identification, and iris scanning. The integration of AI enhances the accuracy, speed, and efficiency of these systems.

AI, through machine learning and deep learning algorithms, analyzes biometric data, reduces errors, and increases security levels. Facial recognition and fingerprint systems analyze a person's physical characteristics to verify their identity, while voice identification and iris scanning recognize unique features. The use of these technologies strengthens security systems and makes the identification process more convenient. However, the protection of personal data and ethical concerns require special attention. Biometric data needs strict protection regulations, as their leakage can pose a threat to individual security. Thus, the use of AI in biometric security systems improves security and accuracy while requiring careful regulation of ethical and legal issues.

Резюме

Применение искусственного интеллекта (ИИ) в биометрических системах безопасности привело к революционным изменениям в этой области. Биометрические системы определяют личность человека, основываясь на уникальных

особенностях его физического состояния и поведения. Среди наиболее популярных методов — распознавание лиц, отпечатков пальцев, голосовая идентификация и сканирование радужной оболочки глаза. Внедрение ИИ делает эти системы более точными, быстрыми и эффективными.

Искусственный интеллект с помощью алгоритмов машинного обучения и глубокого обучения анализирует биометрические данные, уменьшая количество ошибок и повышая уровень безопасности. Системы распознавания лиц и отпечатков пальцев анализируют физические особенности человека для подтверждения его личности, а голосовая идентификация и сканирование радужной оболочки глаза распознают уникальные характеристики. Использование этих технологий усиливает системы безопасности и делает процесс идентификации более удобным. Тем не менее, защита личных данных и этические вопросы требуют особого внимания. Биометрические данные требуют строгих норм защиты, поскольку их утечка может угрожать безопасности личности. Таким образом, использование ИИ в биометрических системах безопасности улучшает безопасность и точность, при этом требует внимательного регулирования этических и юридических вопросов.

KOQNİTİV PSİXOLOGİYA VƏ SÜNİ İNTELLEKT: FƏRQLƏRİ QAVRAMAQ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17418988>

Aydın Kərimov

aydin.karimov@mdu.edu.az

<https://orcid.org/0009-0007-8861-7791>

Gəncə Dövlət Universitetinin doktorantı
Mingəçevir Dövlət Universitetinin müəllimi

Xülasə

Koqnitiv psixologiya və Süni İntellekt (SI) sahələri uzun müddətdir bir-biri ilə əlaqəlidir və hər biri digərinin inkişafına təsir edib. Koqnitiv psixologiya insan aqlının daxili iş prinsiplərini anlamağa çalışır, Süni İntellekt isə insanın koqnitiv bacarıqlarını təqlid edə və ya hətta ondan üstələyən ağıllı sistemlər yaratmağa yönəlir. Bu qısa məqalə, koqnitiv psixologiya və SI arasındakı əlaqəni araşdırır, onların qarşılıqlı faydalana biləcəkləri və bir-birinin anlayışlarını və inkişaflarını necə birləşdirə biləcəklərini vurğulayır. Koqnitiv psixologiya və süni intellekt hər ikisi insan düşünmə və zəka proseslərini öyrənməyə çalışır, amma yanaşmaları və məqsədləri fərqlidir.

Açar sözlər: *Koqnitiv psixologiya, süni intellekt, insan zəkası, komputer, fərqlərin qavranılması, zəka prosesləri.*

Giriş

Koqnitiv psixologiya və Süni İntellekt (SI) sahələri uzun müddətdir bir-biri ilə əlaqəlidir və hər biri digərinin inkişafına təsir edib. Koqnitiv psixologiya insan aqlının daxili iş prinsiplərini anlamağa çalışır, Süni İntellekt isə insanın koqnitiv bacarıqlarını təqlid edə və ya hətta ondan üstələyən ağıllı sistemlər yaratmağa yönəlir. Bu qısa məqalə, koqnitiv psixologiya və SI arasındakı əlaqəni araşdırır, onların qarşılıqlı faydalana biləcəkləri və bir-birinin anlayışlarını və inkişaflarını necə birləşdirə biləcəklərini vurğulayır [1].

Koqnitiv psixologiya başa düşülməsi: Koqnitiv psixologiya insanların necə düşündüyünü, dərk etdiyini, öyrəndiyini və yadda saxladığını anlamağa çalışır. Bu, diqqət, yaddaş, problem həlli, qərar qəbul etmə və dil anlama kimi koqnitiv prosesləri araşdırır. Koqnitiv psixoloqlar bu prosesləri öyrənmək və insan koqnitivliyini izah edən nəzəriyyələr inkişaf etdirmək üçün sərt eksperimental üsullardan istifadə edirlər. Zehni proseslərin necə işlədiyini anlamaqla, koqnitiv psixoloqlar təhsil, insan-kompüter

qarşılıqlı əlaqəsi və klinik psixologiya kimi müxtəlif sahələrə əhəmiyyətli töhfələr vermişlər[2].

Süni İntellekt: Ağıllı sistemlər yaratmaq axtarışı, Süni İntellekt isə insanların zəka tələb edən tapşırıqları yerinə yetirə bilən ağıllı sistemlər yaratmağa fokuslanır. SI sistemləri məlumatları təhlil edə, naxışları tanıya bilər, proqnozlar verə və mürəkkəb problemləri həll edə bilər. Erkən SI sistemləri simvolik məntiq və qayda əsaslı proqramlaşdırmadan geniş istifadə edirdi, bu da insanın məntiqi düşünməsini təqlid etməyə çalışırdı. Lakin, son dövrlərdə maşın öyrənmə və dərin neyron şəbəkələrinin inkişafı, SI sistemlərinin böyük məlumat dəstələrindən öyrənməsinə və uyğunlaşmasına imkan verərək, təbii dil işlənməsi, kompüter görməsi və müstəqil nəqliyyat vasitələri kimi sahələrdə əhəmiyyətli irəliləyişlərə səbəb olmuşdur [2].

Koqnitiv psixologiya və SI-nin kəsişməsi: Koqnitiv psixologiya və SI bir neçə cəhətdən kəsişir, hər iki sahə ümumi məqsədlərə və çətinliklərə malikdir. Hər iki sahə koqnitiv prosesləri anlamağa və təkrarlamağa çalışır, lakin fərqli perspektivlərdən. Koqnitiv psixologiya insan koqnitivliyini eksperimentlər keçirərək və nəzəriyyələr inkişaf etdirərək araşdırır, SI isə oxşar koqnitiv bacarıqlar nümayiş etdirən ağıllı sistemlər yaratmağa çalışır. Koqnitiv psixologiyanın anlayışlarını və metodologiyalarını istifadə edərək, SI tədqiqatçıları daha güclü və insan təbiətli SI sistemləri inkişaf etdirə bilərlər [3].

Fərqləri qavrayaraq: Koqnitiv psixologiyanın SI-yə faydası: Koqnitiv psixologiya, SI sistemlərinin inkişafını gücləndirə biləcək dəyərli anlayışlar və prinsiplər təqdim edir. İlk növbədə, koqnitiv psixologiya insan koqnitivliyini anlamaq üçün zəngin nəzəri əsaslar təqdim edir. Tədqiqatçılar, koqnitiv modellərdən və nəzəriyyələrdən faydalanaraq SI alqoritmlərinin dizaynını və inkişafını yönləndirə bilərlər. Məsələn, diqqətə dair koqnitiv nəzəriyyələr, SI sistemlərinin müvafiq məlumatlara diqqət yetirə bilməsini və diqqəti yayındıran amilləri sıfırlaya bilməsini təmin etməyə kömək edə bilər. Eyni şəkildə, yaddaşın koqnitiv nəzəriyyələri, məlumatların effektiv şəkildə saxlanması və əldə edilməsi bacarığına malik SI sistemlərinin yaradılmasına təsir edə bilər.

Təsvir

Koqnitiv psixologiya həmçinin SI sistemlərini qiymətləndirmək üçün uyğunlaşdırıla biləcək bir sıra eksperimental üsullar və alətlər təklif edir. Koqnitiv psixoloqlar, insan koqnitivliyini öyrənmək üçün nəzarət olunan eksperimentlər, göz hərəkətini izləmə üsulları və neyroimagingdən istifadə edirlər. Bu metodologiyalar, SI sistemlərinin performansını və səmərəliliyini qiymətləndirmək üçün tətbiq oluna bilər və onların güclü tərəfləri və məhdudiyyətləri barədə dəyərli məlumatlar verə bilər. Koqnitiv psixologiya prizmasından SI sistemlərini qiymətləndirərək, tədqiqatçılar təkmilləşdirmə sahələrini müəyyənləşdirə və modellərini tənzimləyə bilərlər.

Əlavə olaraq, koqnitiv psixologiya, insan təbiətli davranış və qərar qəbuletmə ilə SI sistemlərinin inkişafını istiqamətləndirə bilər. İnsan hökmü və qərar qəbuletmə

koqnitiv proseslərini başa düşməklə, SI sistemləri bu prosesləri təqlid etmək üçün dizayn edilə bilər ki, bu da daha insan təbiətli və izah edilə bilən qərar qəbuletmə ilə nəticələnə bilər. Bu, müstəqil nəqliyyat vasitələri və ya tibbi diaqnoz kimi sahələrdə şəffaflıq və etibarın mühüm olduğu hallarda xüsusilə vacibdir [4].

Fərqləri qavrayaraq: SI-nin koqnitiv psixologiyaya faydası: SI-nin inkişafı həmçinin koqnitiv psixologiyaya əhəmiyyətli dərəcədə fayda verə bilər. SI texnologiyaları böyük məlumat dəstələrini işləyə və təhlil edə bilər, bu da koqnitiv psixoloqlara çətinliklə aşkar edilə bilən nümunələr və anlayışlar tapmağa imkan verir. Məsələn, SI böyük miqyaslı məlumat dəstələrini təhlil edərək koqnitiv nümunələri müəyyən edə bilər və ya koqnitiv bacarıqlarda fərdi fərqləri proqnozlaşdırmağa kömək edə bilər. SI-dən istifadə edərək, koqnitiv psixoloqlar insan koqnitivliyini daha dərindən başa düşə və nəzəriyyələrini tənzimləyə bilərlər.

Bundan əlavə, virtual realıq və simulyasiya kimi SI texnologiyaları, tədqiqatçılara koqnitiv prosesləri nəzarət olunan mühitlərdə öyrənmək üçün yeni vasitələr təqdim edir. Virtual realıq mühitləri yaradılaraq mürəkkəb ssenarilər və qarşılıqlı əlaqələr simulyasiya edilə bilər, bu da koqnitiv psixoloqlara daha ekoloji cəhətdən etibarlı mühitlərdə koqnitiv prosesləri müşahidə etməyə və təhlil etməyə imkan verir. Bu, yeni tədqiqat yollarını açır və əvvəlki dövrlərdə araşdırılması çətin olan koqnitiv hadisələri araşdırma üçün imkanlar yaradır.

Koqnitiv psixologiya və süni intellekt hər ikisi insan düşüncə və zəka proseslərini öyrənməyə çalışır, amma yanaşmaları və məqsədləri fərqlidir. [5].

1. Koqnitiv Psixologiya:

- Koqnitiv psixologiya, insanların necə düşündüklərini, öyrəndiklərini, yadda saxladıklarını və qərar verdiklərini araşdıran bir psixologiya sahəsidir.
- Bu sahə, insan beyninin işleyişinə və qavrayış, yaddaş, diqqət, dil və problem həlletmə kimi zehni proseslərin necə baş verdiyinə fokuslanır.
- Koqnitiv psixoloqlar, bu prosesləri anlamağa çalışır və bunları nəzəri olaraq izah edirlər. Məsələn, insanlar necə məlumatları emal edirlər, hansı psixoloji prinsiplər onları istiqamətləndirir və zəka necə inkişaf edir?

2. Süni İntellekt (SI):

- Süni intellekt, kompüterlərin və maşınların insanın zəka funksiyalarını təqlid etməsini məqsəd qoyan texnologiya sahəsidir.
- Süni intellekt, maşınların məlumatları toplaması, təhlil etməsi, öyrənməsi və təbii dilin emalı kimi funksiyaları həyata keçirməsini təmin edir.
- SI əsasən alqoritmlər, statistik metodlar, və maşın öyrənməsi ilə çalışır. Bu sahə insan zəka və düşünmə proseslərini model olaraq istifadə edərək, maşınların bu prosesləri necə "öyrənə" biləcəyini öyrənir.

Əsas Fərqlər:

- **Məqsəd və Yanaşma:**
 - Koqnitiv psixologiya insanın beyin və düşüncə funksiyalarını anlamağa çalışır. Süni intellekt isə bu funksiyaları kompüterlərdə təqlid etməyə çalışır.
- **Təbii və Süni Zəka:**
 - Koqnitiv psixologiya insan zəkasının təbiətini və işleyişini izah etməyə yönəlir. Süni intellekt isə bu zəkayı insan yaradımı olan sistemlərdə tətbiq etməyə çalışır.
- **Araşdırma və Tətbiq:**
 - Koqnitiv psixologiya daha çox nəzəri və elmi araşdırmalara yönəlir. Süni intellekt isə daha çox texnoloji tətbiqlərə, məsələn, robotlar, maşın öyrənməsi və avtomatik qərarvermə sistemlərinə diqqət yetirir.

Ümumi Cəhətlər:

- Hər iki sahə insan zəkayı anlamağa çalışır və bir-birindən ilham ala bilər. Məsələn, süni intellekt sahəsi, insan beyninin işleyişinə dair koqnitiv psixologiyanın tapıntılarından faydalana bilər, həmçinin koqnitiv psixologiya, maşın öyrənməsi ilə bağlı yeni nəzəriyyələri inkişaf etdirə bilər.

Beləliklə, koqnitiv psixologiya insanların düşüncə proseslərini öyrənərkən, süni intellekt bu prosesləri maşınlara tətbiq etməyə çalışır.

Nəticə

Koqnitiv psixologiya və süni intellekt arasındakı əlaqə qarşılıqlı faydalıdır. Bu sahələr arasında körpü quraraq, tədqiqatçılar koqnitiv psixologiyanın anlayışlarını və metodologiyalarını istifadə edərək daha güclü və insan təbiətli SI sistemləri inkişaf etdirə bilərlər. Əksinə, SI texnologiyaları koqnitiv psixoloqlara məlumat analizi və simulyasiya üçün güclü vasitələr təqdim edərək, onlara insan koqnitivliyi haqqında daha dərinlən anlayışlar qazanmağa imkan verir. Koqnitiv psixologiya və SI inkişaf etməyə davam etdikcə, onların əməkdaşlığı insan ağıllının sirlərini açmaq və həqiqətən bizi başa düşən və bizimlə qarşılıqlı əlaqədə olan ağıllı sistemlər yaratmaq üçün böyük potensiala malikdir.

İstinadlar

1. Baron-Cohen S. Are autistic children "behaviorists"? An examination of their mental-physical and appearance-reality distinctions. *J Autism Dev Disord*. 1989;19(4):579-600.
2. **Baddeley, A. D. (2003).** *Working Memory: Thinking and Acting*.
3. Flavell JH, Green FL, Flavell ER, Harris PL, Astington JW. Young children's knowledge about thinking. *Monogr Soc Res Child Dev*. 1995:111-113.

4. Harlow JM. Recovery from the passage of an iron bar through the head. *Hist Psychiatry*. 1993;4(14):274-281.
5. **Turing, A. M. (1950).** *Computing Machinery and Intelligence*

Аннотация

Когнитивная психология и искусственный интеллект (ИИ) давно связаны между собой, и каждая из этих областей оказывает влияние на развитие другой. Когнитивная психология стремится понять внутренние принципы работы человеческого разума, в то время как искусственный интеллект направлен на создание умных систем, которые могут имитировать или даже превосходить человеческие когнитивные способности. В этой краткой статье рассматривается взаимосвязь между когнитивной психологией и ИИ, подчеркивается, как они могут взаимно использовать достижения друг друга и как их концепции и разработки могут быть объединены. Когнитивная психология и искусственный интеллект оба стремятся изучать процессы мышления и интеллекта человека, но их подходы и цели различны.

Ключевые слова: *Когнитивная психология, искусственный интеллект, человеческий интеллект, компьютер, восприятие различий, процессы интеллекта.*

Abstract

Cognitive psychology and Artificial Intelligence (AI) have been interconnected for a long time, with each influencing the development of the other. Cognitive psychology seeks to understand the internal working principles of the human mind, while Artificial Intelligence aims to create intelligent systems that can either mimic or even surpass human cognitive abilities. This short article explores the relationship between cognitive psychology and AI, emphasizing how they can mutually benefit from each other and how their concepts and developments can be integrated. Both cognitive psychology and artificial intelligence seek to study human thinking and intelligence processes, but their approaches and goals are different.

Keywords: *Cognitive psychology, artificial intelligence, human intelligence, computer, perception of differences, intelligence processes.*

SÜNİ İNTELLEKT VƏ ROBOTOTEXNİKA: GƏLƏCƏKDƏKİ ƏMƏK BAZARI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17418996>

Asiman İsmayilov

asimanismayilov@ndu.edu.az

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Xülasə

Süni intellekt (SI) və robototexnika, texnologiyanın sürətlə inkişaf edən sahələrindəndir və əmək bazarını əhəmiyyətli dərəcədə dəyişdirir. Bu sahələr, yeni iş imkanları yaradaraq yüksək ixtisaslı mütəxəssislərə tələbi artırırsa da, eyni zamanda bəzi sahələrdə iş gücünü azaldır. Avtomatlaşdırma və robotlar, xüsusilə təkrarlanan və fiziki işlərdə insanları əvəz edərək səmərəliliyi artırır, amma bunun nəticəsində işsizliyin artması və peşə dəyişiklikləri ehtiyacı yaranır. Yeni iş sahələri, məsələn, süni intellekt mühəndisləri, robot dizaynerləri və maşın öyrənmə mütəxəssisləri üçün geniş imkanlar təqdim edir. Lakin, bu texnologiyalar aşağı ixtisaslı işçilər üçün iş imkanlarını azaldır və cəmiyyət arasında sosial bərabərsizlik yaradır. Bunun qarşısını almaq üçün peşə təlimi və təhsil proqramlarının yenilənməsi vacibdir. Eyni zamanda, süni intellekt və robototexnika sahələrindəki inkişaf, etik və təhlükəsizlik məsələlərini də gündəmə gətirir. Avtonom sistemlərin tətbiqi, qəza və təhlükəsizlik risklərini artırır. Nəticə olaraq, bu texnologiyaların gələcəkdə əmək bazarına təsiri həm müsbət, həm də mənfi tərəfləri ilə qarşımıza çıxacaq, bu da gələcəkdə sosial siyasətlərin və əmək bazarının uyğunlaşdırılmasını tələb edir.

Açar sözlər: Süni intellekt, robototexnika, əmək bazarı, bacarıqlar

Süni intellekt (SI) və robototexnika, son illərdə texnoloji inkişafın ən sürətli və ən diqqət çəkən sahələrindən biri olmuşdur. Hər iki sahə də həyatın bir çox aspektinə təsir edir, xüsusilə də əmək bazarına. Süni intellektin və robototexnikanın tətbiqi, işçilərin iş rutinlərini dəyişdirməkdən tutmuş, yeni iş sahələrinin yaranmasına qədər geniş spektrli təsirlər göstərir. Bu texnologiyaların təsiri həm işçi qüvvəsinin tələblərini, həm də cəmiyyətin iqtisadi strukturunu dəyişdirir. Bu məqalə, süni intellekt və robototexnikanın əmək bazarına olan təsirlərini, onların yaratdığı yeni iş imkanlarını, eyni zamanda işsizlik və sosial ədalət məsələlərini təhlil edəcəkdir.

Süni intellekt, əsasən maşınların insan kimi düşünmə, öyrənmə və qərar qəbul etmə qabiliyyətini təmin etmək məqsədilə yaradılmış alqoritmlər və proqramlardan ibarətdir. Robototexnika isə robotların dizaynı, istehsalı, idarə edilməsi və proqramlaşdırılmasını əhatə edən sahədir. Bu iki texnologiya arasındakı əlaqə çox güclüdür, çünki robotlar üçün süni intellekt texnologiyalarının inkişafı onları daha ağıllı və səmərəli edərək, kompleks tapşırıqları yerinə yetirmək qabiliyyəti qazandırır. Robototexnikanın inkişafı, xüsusilə istehsal sahələrində, iş gücünü artırmaq və səmərəliliyi yüksəltmək məqsədilə tətbiq edilmişdir. Bu texnologiyanın müasir dünyada tətbiqi, daha sürətli istehsal proseslərinin yaranmasına, təkrarlanan və monoton işlərin avtomatlaşdırılmasına səbəb olmuşdur. Süni

intellektin inkişafı isə daha mürəkkəb problemləri həll edə bilən, insanın qərar qəbul etmə qabiliyyətinə yaxın olan maşınların yaradılmasına imkan verir. Bu inkişaf, yalnız istehsal sahələrində deyil, həmçinin xidmət sahələrində, səhiyyə, təhsil və hətta yaradıcılıq sahələrində də geniş tətbiq sahəsi tapmağa başlamışdır.

Süni intellekt və robototexnikanın inkişafı, yeni iş sahələrinin yaranmasına səbəb olmuşdur. Bu texnologiyaların tətbiqi bəzi sektorlarda iş gücünü azalda bilər, lakin eyni zamanda yeni iş imkanları yaradır. Bu sahələrdə fəaliyyət göstərən yeni peşələr, yüksək ixtisaslı işçilərin cəlb edilməsini tələb edir.

Süni intellekt və robototexnika sahəsində ixtisaslaşmış peşələrə böyük ehtiyac yaranır. Məsələn, süni intellekt alqoritmləri ilə işləyən proqram mühəndisləri, maşın öyrənmə mütəxəssisləri, verilənlər analitikləri, robot mühəndisləri və robot təlimatçıları kimi yüksək ixtisaslı işçilərə ehtiyac artmaqdadır. Bu yeni iş sahələri, mütəxəssislərin inkişaf etmiş proqramlaşdırma bacarıqlarına, maşın öyrənmə və verilənlər analizi sahəsində təcrübəyə malik olmalarını tələb edir. Bu peşələr yalnız texnoloji sahələri əhatə etmir, həmçinin robotların fəaliyyətini izləyən və onları optimallaşdıran mütəxəssislər, etik məsələlər üzrə ekspertlər və süni intellektin insan həyatına təsirini öyrənən sosial elmlər üzrə tədqiqatçılar kimi müxtəlif yeni sahələri də əhatə edir. Bu işlər, xüsusilə texnologiyanın cəmiyyətdə yaratdığı sosial, etik və iqtisadi məsələlərə diqqət çəkir.

Süni intellekt və robototexnika yalnız istehsal sahələrində deyil, həmçinin xidmət sahələrində də geniş tətbiq tapır. Avtomatlaşdırılmış müştəri xidmətləri, ağıllı təhsil sistemləri, robot-assisted müalicə və hətta robotlar vasitəsilə edilən şəxsi xidmətlər kimi yeni xidmət növləri ortaya çıxır. Bu sahələrdə fəaliyyət göstərən işçilər yeni bacarıqlara və biliklərə malik olmalıdır. Məsələn, səhiyyə sahəsində robotlar artıq cərrahi əməliyyatlarda istifadə olunur. Robotlar, cərrahlara yüksək dəqiqliklə əməliyyatlar etməyə imkan verir, həmçinin bərpa müddətini qısaldır. Bu, yeni texnologiyaların tətbiqi ilə səhiyyə sahəsində mütəxəssislərə olan tələbatın artmasına səbəb olmuşdur. Beləliklə, süni intellektin səhiyyəyə tətbiqi, həm yeni iş sahələri yaradır, həm də mövcud işçilərin ixtisaslaşmasını tələb edir. Eyni zamanda, süni intellekt təhsildə də tətbiq edilir. Ağıllı dərsliklər, onlayn tədris platformaları və robot-assisted təhsil sistemləri, tələbələrin təhsil təcrübəsini fərdiləşdirir və daha səmərəli öyrənmə prosesini təmin edir. Bu, təhsil sahəsində yeni iş sahələrinin yaranmasına və mütəxəssislərə olan tələbatın artmasına səbəb olur.

Süni intellekt yalnız texniki və istehsal sahələrində deyil, həm də yaradıcı sənayelərdə də tətbiq olunur. Məsələn, süni intellekt, musiqi, sənət, film istehsalı və reklam sahələrində yaradıcı işlərdə də istifadə olunur. Bu texnologiyalar, bəzi hallarda insanın yaradıcılıq qabiliyyətini tamamilə təkrarlaya bilər. Lakin, süni intellektin tətbiqi yalnız bir alət olaraq qalır və insanın yaradıcılıq qabiliyyətini tamamlayıcı bir vasitə olaraq istifadə edilir.

Yaradıcı sahələrdə süni intellektin tətbiqi, yeni iş sahələrinin yaranmasına səbəb olur. Məsələn, musiqi və sənət sahəsində süni intellekt vasitəsilə yaradıla bilən əsərlər, insan rəssamları və musiqiçiləri ilə birlikdə işləyərək yeni əsərlər yaratma imkanı təqdim edir. Bu da süni intellektin yaradıcı sahələrdəki təsirini göstərir.

Süni intellekt və robototexnika, bəzi sahələrdə iş gücünün azalmasına səbəb olacaq, xüsusilə də təkrarlanan və fiziki işlərin avtomatlaşdırılması ilə. İstehsal sektoru, xidmət

sektoru və digər sahələrdə, robotlar və süni intellekt tərəfindən həyata keçirilən tapşırıqlar insan işçilərinin yerini ala bilər.

Avtomatlaşdırma, xüsusilə istehsal sahələrində iş gücünün azalmasına səbəb olacaq. Məsələn, avtomobil istehsalı kimi sahələrdə robotlar artıq insanların yerinə təkrarlanan işləri görür. Bu, işçilərin iş yükünü azaldır və istehsal proseslərini sürətləndirir. Lakin, bu cür inkişaf, bəzi işçilərin işsiz qalmasına səbəb olur. Xüsusilə az ixtisaslı işçilər, avtomatlaşdırma nəticəsində işlərini itirə bilər.

İşsizlik riskini azaltmaq üçün işçilər yeni bacarıqlar əldə etməli və yeni peşələrə adaptasiya olmalıdırlar. Bu dəyişikliklərə uyğunlaşmaq üçün təhsil sistemi və təlim müəssisələri yeni təhsil proqramları və tədris üsulları yaratmalıdır. Bu, həyat boyu təhsil və təlimi daha vacib edir. Müasir iş dünyası, yalnız müəyyən bir sahə ilə məhdudlaşan deyil, həm də bir neçə sahədə eyni anda fəaliyyət göstərə bilən işçiləri tələb edir. Süni intellekt və robototexnika, iş yerlərinin azaldılması ilə yanaşı, sosial bərabərsizliyi də artırma potensialına malikdir. Yüksək ixtisaslı və təhsilli insanlar bu dəyişikliklərdən faydalana bilərlər, lakin az ixtisaslı işçilər daha çox işsiz qalacaq. Bu, cəmiyyətdə sosial uçurumları dərinləşdirə bilər. (İsmayılova, 2022, s. 130)

Süni intellektin və robototexnikanın inkişafı ilə yeni texnoloji sistemlər avtonom şəkildə fəaliyyət göstərməyə başlayır. Bu, xüsusilə avtonom avtomobillər, robotlar və ağıllı cihazlarla bağlı böyük müzakirələrə səbəb olur. Məsələn, avtomatlaşdırılmış və avtonom nəqliyyat vasitələri, insanlar üçün təhlükəsiz səyahət təklif etmək iddiasında olsa da, qəza risklərini və sistemin səhv işləməsini də gündəmə gətirir.

Avtomatik sistemlərin qəza səbəbi ilə insan həyatı risk altına düşdükdə, bu, hüquqi və etik məsələləri də ortaya qoyur. Kim məsuliyyət daşıyır? Robotun səhv etməsi nəticəsində baş verən bir qəza, proqramçının və ya istehsalçının səhvi sayılmalıdırmı? Avtonom sistemlərin düzgün fəaliyyət göstərməməsi, ciddi nəticələrə yol açaraq, daha çox mübahisələrə və etirazlara səbəb ola bilər. Bundan əlavə, robotların istehsalında və tətbiqində yaranan təhlükəsizlik məsələləri də böyük əhəmiyyət kəsb edir. Robotların və ağıllı cihazların proqramları, zərərli fəaliyyətlərə qarşı həssas ola bilər, bu da kibertəhlükəsizlik problemlərini ortaya çıxarır. Təhlükəsiz və etibarlı proqramlaşdırma, məlumatların qorunması və sistemin fasiləsiz işləməsi üçün xüsusi diqqət tələb olunur.

Süni intellektin və robototexnikanın tətbiqi ilə əlaqəli etik məsələlər də çox genişdir. Bu texnologiyaların qərar vermə, insan əməyinin əvəzlənməsi və cəmiyyətə təsiri ilə bağlı bir çox etik suallar yaranır. Süni intellektin əsas funksiyalarından biri insanların qərar qəbul etmə prosesinə bənzər şəkildə fəaliyyət göstərməsidir. Lakin, süni intellektin etik qərarlar verə bilməsi məsələsi, çox vaxt mübahisə doğurur. Məsələn, süni intellektin tibb sahəsində istifadə edilməsi, həkimlərin yerini alması və müalicə qərarlarının maşınlar tərəfindən verilməsi etik bir məsələdir. Burada sual yaranır: maşın necə etik prinsiplərə uyğun qərar verə bilər? İnsanların həyatını qərar vermə prosesində təmsil etmək nə dərəcədə doğrudur?

Eyni zamanda, insan əməyinin robotlar və süni intellektlə əvəzlənməsi, əmək bazarında bərabərsizlik yaratmaqla yanaşı, insanların işdən çıxarılması ilə də nəticələnə bilər. İnsanların yerinə keçən texnologiyalar, işsizliyi artırır və işçilərin gələcəkdəki peşə seçiminə təsir göstərir. Bu, həm də sosial ədalət məsələlərini gündəmə gətirir.

Süni intellektin və robototexnikanın tətbiqi ilə bağlı digər bir əhəmiyyətli etik məsələ, şəxsi məlumatların qorunması və gizlilikdir. Ağıllı cihazlar, hətta evlərdə istifadə edilən

robotlar, istifadəçilərin davranışlarını və qərarlarını izləyir, məlumatlar toplayır və bu məlumatları analiz edir. Bu cür məlumatların toplanması, saxlanması və istifadəsi etik problemlərə yol açə bilər. Məsələn, bu məlumatlar kimlərə və necə veriləcək? Həssas məlumatlar təhlükəsiz şəkildə qorunacaq mı? Məlumatların oğurlanması və ya pis niyyətli istifadəçilər tərəfindən sui-istifadəsi ilə bağlı təhlükələr mövcuddur. Eyni zamanda, süni intellektin həyatımıza daxil olması ilə əlaqəli digər etik məsələ, maşınların cəmiyyətin müxtəlif təbəqələrinə necə xidmət etməsidir. Məsələn, süni intellektin tətbiqi ilə əlaqədar olaraq bəzən "ağıllı" sistemlər yalnız müəyyən bir sosial təbəqəyə xidmət edə bilər və ya cəmiyyətin digər hissələrini dırlaya bilər. Bu, sosial bərabərsizlik və ayrı-seçkilik məsələlərinə səbəb ola bilər.

Avtonom sistemlərin artan roluyla bir başqa etik məsələ, insan nəzarətinin itirilməsi ilə bağlıdır. Avtonom maşınlar, robotlar və digər texnologiyalar bir çox sahədə insanları əvəz edə bilər, amma bu texnologiyaların verdiyi qərarları insanlar nəzarət etməlidir. Bu texnologiyaların təhlükəli qərarlar verməsinin qarşısını almaq üçün insan müdaxiləsi və nəzarəti hələ də lazımlıdır. Əks halda, süni intellektin səhv qərar verməsi və ya təkrarlanan problemlərin yaranması, həyatımızı ciddi şəkildə təhdid edə bilər.

Süni intellektin və robototexnikanın geniş istifadəsi, bu texnologiyaların etik və təhlükəsizlik aspektlərinin tənzimlənməsi üçün yeni qanun və qaydaların yaradılmasını zəruri edir. Etik məsələləri tənzimləyən beynəlxalq qaydalar və təhlükəsizlik standartları, bu texnologiyaların səmərəli və təhlükəsiz istifadəsini təmin edə bilər. Süni intellektin təlimatları və təcrübələri, müxtəlif cəmiyyətlərdə fərqli etik və mədəni baxışları nəzərə alaraq formalaşdırılmalıdır. Bundan əlavə, süni intellektin və robototexnikanın tətbiqi üçün gələcəkdə daha çox mütəxəssis hazırlığı və bu sahədəki peşəkarların etik təlimlər alması vacib olacaq. Beləliklə, həm təhlükəsizlik məsələlərini, həm də etik problemləri həll etmək mümkün olacaq. (Quliyev, 2018, s. 27)

Süni intellektin və robototexnikanın tətbiqi, təhlükəsizlik və etik məsələləri də gündəmə gətirir. Avtonom sistemlər, xüsusilə robotlar və süni intellekt alqoritmləri, insanların həyatına təhlükə yarada bilər. Məsələn, avtonom avtomobillər və ya robotlar, qəzalara səbəb ola bilər. Bu cür təhlükələrin qarşısını almaq üçün yeni təhlükəsizlik standartları və etik qaydalar yaradılmalıdır.

Nəticə

Süni intellekt və robototexnika, gələcəkdə əmək bazarını əsaslı şəkildə dəyişdirəcək. Bu texnologiyalar yeni iş sahələrinin yaranmasına səbəb olacaq, lakin bəzi sektorlarda iş gücünün azalmasına da gətirib çıxaracaq. Yüksək ixtisaslı mütəxəssislərə olan tələbat artacaq, amma aşağı ixtisaslı işçilər üçün işsizlik riski yaranacaq. Təhlükəsizlik və etik məsələlər isə böyük əhəmiyyət kəsb edəcək. Bu dəyişikliklərə uyğunlaşmaq üçün təhsil, peşə təlimi və yeni qaydaların tətbiqi vacibdir. Gələcək əmək bazarı balanslı inkişaf və sosial ədaləti təmin edəcək şəkildə tənzimlənməlidir.

Ədəbiyyat

1. Əliyev, M. (2020). Süni intellekt və onun iqtisadiyyata təsiri. Elmi əsərlər, Bakı: Elm Nəşriyyatı, 45-56.
2. Quliyev, R. (2018). Robototexnika və iş gücü bazarının gələcəyi. Elmi əsərlər, Bakı: Təhsil Nəşriyyatı, 22-33.

3. Hüseynov, F. (2019). Yeni texnologiyaların etik məsələləri: Süni intellekt və robotlar. Elmi əsərlər, Bakı: Hüquq Nəşriyyatı, 67-78.
4. Məmmədov, T. (2021). İnsan və maşın arasında sərhəd: Süni intellektin cəmiyyətə təsiri. Elmi əsərlər, Bakı: Sosial Elmlər Nəşriyyatı, 88-101.
5. İsmayılova, A. (2022). Süni intellektin sosial və iqtisadi aspektləri. Elmi əsərlər, Bakı: Sosial Nəşriyyatı, 120-133.

Summary

Artificial intelligence (AI) and robotics are rapidly evolving fields that significantly impact the labor market. These technologies create new job opportunities, increasing demand for highly skilled professionals, while also reducing the workforce in certain sectors. Automation and robots, especially in repetitive and manual tasks, replace humans, improving efficiency but also causing unemployment and the need for career changes. New job sectors, such as AI engineers, robot designers, and machine learning specialists, offer ample opportunities. However, these technologies reduce job opportunities for low-skilled workers, potentially increasing social inequality. To address this, vocational training and educational programs need to be updated. Additionally, the development of AI and robotics raises ethical and safety concerns. The use of autonomous systems increases the risk of accidents and safety issues. As a result, the impact of these technologies on the future labor market will have both positive and negative aspects, requiring the adaptation of social policies and the labor market.

Keywords: Artificial intelligence, robotics, labor market, skills

Резюме

Искусственный интеллект (ИИ) и робототехника — это стремительно развивающиеся области, которые значительно влияют на рынок труда. Эти технологии создают новые рабочие места, увеличивая спрос на высококвалифицированных специалистов, одновременно сокращая рабочие места в некоторых секторах. Автоматизация и роботы, особенно в области повторяющихся и физических задач, заменяют людей, повышая эффективность, но также вызывают безработицу и необходимость в смене профессий. Новые рабочие секторы, такие как инженеры ИИ, дизайнеры роботов и специалисты по машинному обучению, предлагают множество возможностей. Однако эти технологии уменьшают рабочие места для низкоквалифицированных работников, что может привести к росту социального неравенства. Для решения этой проблемы необходимо обновление программ профессиональной подготовки и образования. Кроме того, развитие ИИ и робототехники вызывает этические и вопросы безопасности. Использование автономных систем увеличивает риск аварий и проблем с безопасностью. Таким образом, влияние этих технологий на рынок труда в будущем будет иметь как положительные, так и отрицательные стороны, что потребует адаптации социальных политик и рынка труда.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, робототехника, рынок труда, навыки

KOMPÜTER TƏMİNATI ƏSASINDA TRANSMAGİSTRAL BORU KƏMƏRLƏRİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419008>

Valeh I. Bakhshali¹, Vali M. Fataliyev¹, Məftun E. Aliyev², Tarxan Z. Orujov²

Prof.Dr. Azerbaijan Technical University¹, Department of Mechanics, H. Javid ave.,
25, AZ1073, Baku, Azerbaijan,
ORCID ID: 0000-0001-9443-5440
v.bakhshali@aztu.edu.az
Nakhchivan State University²

ABSTRACT. Piston pumps and compressors are widely used for exploration and transportation of oil and gas. Increasing the efficiency and durability of the piston compressors, pumps, internal combustion engines, etc. directly depends on the correct calculations and designing of these elements. Using ANSYS software, simulation and stress analysis are performed on the basis of the 405GP15/70 and ARIEL heavy-duty balanced opposed piston compressors used in the Caspian sea - Black sea Region. During working of the machines and equipment a number of the processes interconnected and causing each other are proceeds (thermodynamic processes, etc.). By observing the analysis results, we can decide whether our designed pipelines are safe or not under applied load conditions. The durable and reliable work of compressor-pump stations used in the oil and gas industry has great importance for practice. Increasing the reliability and durability of piston machines corresponds therefore to actual needs of reduced environmental impacts during the exploitation and transportation of mineral resources - oil and gas. Investigation of complex problems with respect to stresses, and thermodynamics phenomena in the piston machines, and oil and gas pipelines gives the opportunity to solve the problems of increasing the durability of these machines and pipelines. The results of the investigation can be useful for the design and exploitation of transregional pipelines and environmental problems.

Keywords: Piston compressor, Pipelines, Thermodynamics, Structural analysis, ANSYS.

1. Introduction

The research efforts will lead to more reliable and efficient design alternatives for reciprocating machines which are used for the transport of oil and gas and will thus contribute directly to the competitiveness of a key industry in the Caspian Sea - Black Sea Region, for example in Baku-Tbilisi-Ceyhan (BTC) Main Oil Pipeline, there are 8 pump-compressor stations (2 stations in Azerbaijan, 2 stations in Georgia and 4 stations in Turkiye territory). Besides BTC today the region is functioning the Trans Adriatic Pipeline (TAP) which transported Caspian natural gas to Europe. Connecting with the Trans Anatolian Pipeline (TANAP) at the Greek-Turkish border, TAP will

cross Northern Greece, Albania, and the Adriatic Sea before coming ashore in Southern Italy to connect to the Italian natural gas network (Fig.1). Increasing the reliability and durability of piston machines corresponds therefore to actual needs and political demands of reduced environmental impacts during the exploitation and transportation of mineral resources - oil and gas.



Fig. 1. The Trans Adriatic Pipeline (TAP) and Trans Anatolian Pipeline (TANAP)

The main objectives are to investigate and analyze the thermal stress and mechanical stress distribution of pistons in real conditions during the working process of the piston machine. The work describes the stress distribution of the piston by using the finite element method to predict the higher stress and critical region on the component. By using ANSYS software the structural model of a piston will be developed.

Compressor-pump stations are used on the oil and gas pipeline for the transport of this mineral resource. Current methods of reciprocating and centrifugal machinery design, see e.g. [1,2], are based on partial empirical relations and do not take into account many of the factors that are affecting the mechanical and thermodynamic processes in these machines. To date, no applied formulas are available for durability and reliability of the parts, for mechanical losses in the bearings, for energy losses in the kinematical couples of machines used in the oil industry, nor has there been basic research of the impact phenomena in these kinematic couples. On the other hand, very detailed models leading to computer-intensive simulations have recently been developed for piston ring dynamics in the context of blow-by estimation [3], for lubrication conditions of the ring/liner contact, for dynamically loaded bearings, and for stress and failure analysis of assembly parts. However, until now, the insight gained with these models has not found its way into more detailed models for reciprocating machines such as piston and centrifugal compressors. To this end, a modular system modeling approach as described below combined with model reduction is necessary in order to keep the computational efforts at reasonable magnitudes [4].

The research efforts will lead to more reliable and efficient design alternatives for reciprocating machines, since this type of equipment is used for the transport of oil and gas it will thus contribute directly to the competitiveness of a key industry in the Black Sea-Caspian Sea Region.

2. The thermal analysis of the compressor stations

Compressor-pump stations applied in the oil and gas industry have a strong impact on the environment. These stations used on the oil and gas pipeline for transport of these mineral resource. Durable and reliable work of piston machines and their technical security has great importance for practice of estimation the level of environment in transportreducing the environmental impact of hydrocarbon transport and exploitation of oil and gas resources

The working process taking place in the cylinder in all piston compressors is the result of three main processes: the thermodynamic process in the cylinder, the heat exchange process between gas and walls of the cylinder, and the hydrodynamic process of gas flux through density in the distribution parts of the cylinder. Analyses of the complex problems depend on friction and wear processes in PM labyrinth sealings making it possible for the all-around solution of increasing its reliability and durability. Such a process as it is known can be determined by four equations of mathematical physics, describing the main laws of the forms of matter existence. They are the system of equations describing gas flux in the channel consisting of the equation of continuity, the equation of motion, the equation of energy (first law of thermodynamics), and the equation of state of gas flux [5].

Processes of compressing and discharge in the cylinder accepted as polytrophic are subjected to the equation:

$$pV^m = \text{const} \quad (1)$$

where p is gas pressure in the cylinder, V is a volume of the cylinder, m is the polytrophic factor.

In accordance with the analyses mentioned above and on the basis of expression (1), the gas pressure compressing on the piston p and p' , correspondingly from the upper and lower surfaces of the piston is obtained. For determining of main gas pressures p and p' in the cylinder influencing the piston group we divide the period of one working cycle into six identity phases in the limits of each one where the regularity of pressure from both sides of the piston remains unchangeable [6,7].

3. Dynamical and thermal analysis the piston groups using ANSYS software

Piston and connecting rod play the main role in piston compressors used in the oil industry. Analyses of the failure of the piston group due to various thermal and mechanical stresses are very important for practice. The working condition of the piston group is so worst in comparison to other parts of the machine. The main objective of this work is to investigate and analyze the stress distribution of the piston, and structural analysis of a piston using two different materials that are used in this work. We created pressure on piston head 45 MPa and 10 MPa on these two materials. Finally, we find out which one is a suitable material on piston in these two materials. Design of the piston is carried out using SolidWorks software. Static and thermal

analysis is performed using ANSYS software based on finite element analysis (FEA). In multi-stage compressors with crossheads are used double-acting disk piston. The high-speed compressor pistons shall be extremely light. They are made of aluminum alloys or cast iron, lightweight design with cutouts on the side surface that reduce the weight of the piston and reduce the friction works [3-10]. The structural analysis of the piston group is provided on the basis of thermodynamical analysis of RM using the expressions above.

The static and thermal analysis for the piston was done by FEA using ANSYS software on the basis of the expressions above. For ANSYS simulation the geometry of the solid work is separated into elements. These elements are interlinked to one another at a point called a node. In the present examination work, we have used FEA for the Structural analysis of piston solid works Software is used to prepare the piston. After completing solid works modeling, the model is saved in IGES file then it is imported to ANSYS software for the FEA.

In Fig. 2 is showed the thermal and total deformation analysis of the double-acting piston made of aluminum alloy using ANSYS software..

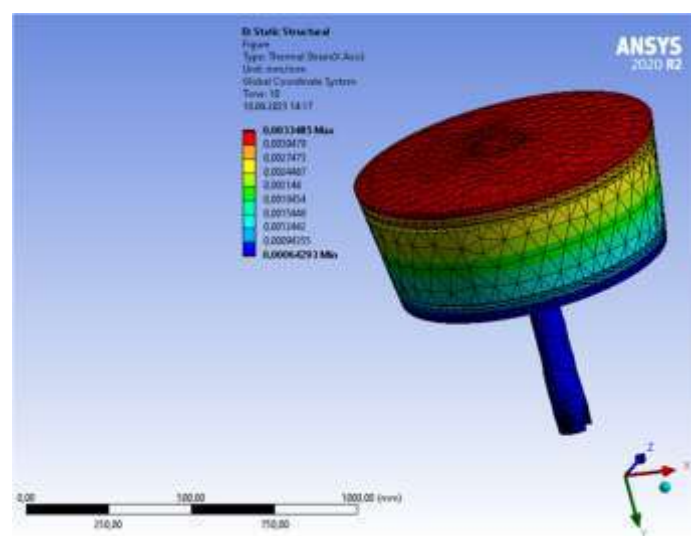


Fig.2. *Thermal strain analysis of the piston*

The novelty is characterized by new theoretical methods for the determination of forces of gas pressure in cylinders of reciprocating machines taking into account the wear processes and the clearances in kinematic couples of crank-piston mechanisms. The reliability of the received scientific results is provided with the correctness of the statement of tasks and decisions on the basis of laws of physics, mechanics and thermodynamics. The results of the investigation are generalized for any piston machines used in the oil and gas industry.

4. Methods of definition of parameters of movement of the gas stream in the pipeline

Let's consider the movement of gas stream through the pipeline in the process of a real polytrope. The motion gas flow is determined by four known equations [1,2]:

Continuity equation:

$$G = \frac{wf}{v} = \text{const} \quad (2)$$

Equation of motion:

$$vdp + wdw + dL_{fr} = 0 \quad (3)$$

Energy equation:

$$dq_n = di + wdw \quad (4)$$

Equation of state:

$$Pv = zRT \quad (5)$$

Here P , T , v are the parameters of the gas state, i.e.: pressure, temperature and specific volume, w - gas flow rate, f is the area of the inner surface of the pipeline, di is the enthalpy, R is the universal gas constant, G is the gas flow rate in the pipeline, dq_n is the amount of heat, respectively transportation of 1 kg of gas in the time interval dt , z is the gas compression coefficient. This coefficient depends on temperature and pressure:

$$z = 1 + ap + bp^2 \quad (6)$$

Here a and b are coefficients depends on temperature.

We considered the movement of compressed gas in the pipeline, therefore we will define losses of the pressure of gas depending on the length of the pipeline at the isothermal process of a current of air accepted for ideal gas. In Fig. 3 the pipeline of diameter D and length L on which compressed gas moves is shown as length x . We will designate gas parameters in initial and final sections of the pipeline accordingly through P_0 , T_0 , and P_1 , T_1 , and gas parameters in sections, situated from the beginning of co-ordinates on distance x -through P , T . We noted that at the movement of compressed gas in a small initial site of the pipeline, its temperature will decrease in the course of heat exchange with walls of the pipeline cooled by an environment. Then the temperature field of a gas stream will be stabilized, owing to what the temperature of this stream practically remains a constant. Thus, gas and oil temperature at its movement on the pipeline specified above we will consider as a constant. Besides, a task in view we will solve at a pressure of gas to 10 MPa taking into account friction of a gas stream about pipeline walls at its isothermal current. Provided that, it is possible to use the equation of a condition of an ideal gas. The considered movement of a gas and oil stream, as is known, is defined by three equations: conditions, continuity, and energy. As on a condition of the decision of a task in view the temperature of gas T is constant, movement of a gas stream at its isothermal current is defined by thermodynamical equations.

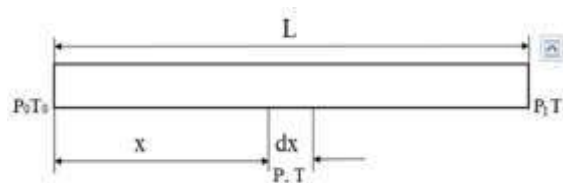


Fig. 3. The scheme of pipeline

On the basis of expressions (2) – (6) we are investigate the thermodynamical parameters of oil and gas pipelines to define the pressure of the gas P in the given section of the pipeline. Setting various values of pressure of gas P , it is possible to find corresponding lengths of sites of the pipeline at set parameters pressure P_0 and volume productivity G_0 . Such calculation has been made at values of pressures $P_0=5, 7$ and 9 MPa, and volume productivity $G_0=2, 3, 4$ and 5 kg/s.

The results of these calculations have resulted in Table 1. On the basis of the given tables schedules of dependence of loss of gas pressure $\Delta P=P_0-P$ from the length of a site of pipeline x , при various values of the diameter of the pipeline are constructed. Apparently from drawings, with an increase in length of a site of the pipeline loss of pressure of gas and oil on this site increases at preset values of the diameter of pipeline D and parameters P_0 and G_0 .

Table 1. The loss of pressure ΔP of gas with respect to diameter of pipeline

$P_0=4$ Mpa, $T_0=300$ K, $G_0=2$ kg/s					
$\begin{matrix} D \\ x \end{matrix}$	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200
4,9	$1,56 \cdot 10^3$	$4,57 \cdot 10^3$	$11,044 \cdot 10^3$	$23,26 \cdot 10^3$	$44,273 \cdot 10^3$
4,8	$3,09 \cdot 10^3$	9057,43	21865,85	46659,32	87653,23
4,7	4595,18	13447,47	32464,07	68383,96	130138,21
4,6	6063,75	17745,1	42839,18	90238,68	171728,93
4,5	7500,69	2195028	52991,16	111623,3	212425,5
4,4	8906,03	26063,01	62919,93	132537,9	252227,54
4,3	10279,78	383,32	72625,62	152982,6	291134,04
4,2	11621,92	34011,15	82108,12	172957,1	329146,79
4,1	12932,46	37846,54	37842,18	192467,4	366265,11
4,0	14211,33	41589,49	100403,8	211496,12	402488,96

We are observed the loss of pressure ΔP of gas moving in the pipeline with respect to the diameter D and length x of the pipe. The dependence to define the pressure of gas and oil P in the given sections of the pipeline is deduced. The dynamic analysis of the parameters of gas depending on the constructive parameters of the pipeline is presented. In an attempt in this article, the pipeline is modeled by using computer software, and static analysis is done by using ANSYS Workbench software. There is evaluated the pressure and constructive parameters of the pipeline. The Workbench focuses on attaching existing geometry, setting up the finite element model, solving, and reviewing results.

The dependence of loss of pressure of gas and oil ΔP from the length of the pipeline x can be practically replaced by a straight line. The important practical conclusion is

that for reduction of loss of pressure of gas and oil, moving on the pipeline, it is necessary to increase the diameter of pipeline D at a preset value of the expense of matter G_0 from here follows. It in turn can lead to an increase in the expense of the metal necessary for the manufacturing of the gas and oil pipeline, that not always it can appear expedient.

5. Results

1. The static and thermal analysis for the piston group was done using ANSYS software.
2. Represented the diagram of dependence of loss of pressure of gas and oil ΔP from the length of the pipeline x .
3. The important practical conclusion is that for reduction of loss of pressure of gas and oil, moving on the pipeline, it is necessary to increase the diameter of pipeline D at preset parameters of matter. It in turn can lead to an increase in the expense of the metal necessary for manufacturing the gas and oil pipeline, that not always it can appear expedient.

The results of the investigation can be useful for the design and exploitation of compressor stations and pipelines used in the oil and gas industry.

References

1. Rangwala A.S. (2001). Reciprocating Machinery Dynamics: Design and Analysis. Marcel Dekker, New York
DOI: <https://doi.org/10.1115/1.1399378>
2. Davitashvili N., Bakhshali V. (2016). Dynamics of Crank-Piston mechanisms. Springer Publisher
DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-10-0323-3>
3. Bakhshali Valeh I. (2020). Nanomechanics and its applications: mechanical properties of materials. Proc. of the International E-Conference on Advances in Engineering, Technology and Management - ICETM 2020. Institute of Research Engineers and Doctors, USA, pp. 77-81.
DOI: <https://doi.org/10.15224/978-1-63248-188-7-15>
4. Valeh Bakhshali. Anti-Vibration Foundation for the Machines Used in the Oil and Gas Industry. J. of Advances in Science and Technology, 2024, Volume 148, pp. 131-136
DOI: <https://doi.org/10.4028/p-8lXEuA>
5. Burstein L, Ingman D.P. (2000). Pore Ensemble Statistics in Application to Lubrication Under Reciprocate Motion, Tribology Transactions; 43(2): 205-212.
DOI: <https://doi.org/10.1080/10402000008982330>

6. Boyaci A., Hetzer H., Seemann W., Proppe C., Wauer J. (2009). Analytical Bifurcation Analysis of a Rotor Supported by Floating Ring Bearings. J. of Nonlinear Dynamics, 57(4), pp. 597-507.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s11071-008-9403-x>

7. Bakhshali V., Mardanov N., Ismayil I., Bekirova A. (2023). Structural Analysis of Piston Machines by Using Computer Software. In: 15th International Conference on Applications of Fuzzy Systems, Soft Computing and Artificial Intelligence Tools – ICAFS-2022, Lecture Notes in Networks and Systems, vol 610, Springer, Cham, pp. 265-274.

DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-25252-5>

XÜLASƏ. Porşenli nasoslar və kompressorlar neft və qazın istismarı və nəqlində geniş istifadə olunur. Kompresorların, nasosların, daxili yanma mühərriklərinin və s. səmərəliliyinin və uzunömürlüliyünün artırılması birbaşa onların elementlərinin düzgün hesablamaları və layihələndirilməsi ilə əlaqədardır. Burada ANSYS proqram təminatından istifadə edərək Xəzər dənizi - Qara dəniz bölgəsində neft və qazın nəqlində istifadə olunan 405GP15/70 və ARIEL ağır yüklənmiş porşenli kompressorların simulyasiya, termodinamik və gərginlik analizləri aparılmışdır. Maşın və avadanlıqlar işləyərkən bir sıra qarşılıqlı əlaqəli və bir-birinə təsir edən proseslər (termodinamik proseslər, hərəkətli hissələrin sürtünməsi və yeyilməsi, materialların mexaniki xassələrinin dəyişməsi və s.) baş verir. Neft və qaz kəmərlərinin texniki təhlükəsizliyinin təmin edilməsi neft-qaz sənayesinin mühüm problemlərindən biridir. Qara dəniz - Xəzər dənizi regionunun enerji təhlükəsizliyi bir sıra texniki şərtlərdən - regionun neft və qaz kəmərlərində tətbiq olunan nasos-kompressor stansiyalarının etibarlılığından və dayanıqlığından asılıdır. Neft-qaz sənayesində tətbiq olunan kompressor-nasos stansiyalarının davamlı və etibarlı işləməsi ətraf mühitin çirklənməsinin qarşısının alınması baxımından böyük praktiki əhəmiyyət kəsb edir. Neft və qaz kəmərlərində baş verən mexaniki və termodinamik hadisələrlə bağlı mürəkkəb problemlərin tədqiqi bu avadanlıqların və boru kəmərlərinin uzunömürlülüyünün artırılması problemlərini həll etməyə imkan verir. Məqalədə transmagistral qaz kəmərinin dinamik analizi aparılmış, temperatur rejiminə baxılmış və hesablanma metodikası işlənmişdir. Tədqiqatın nəticələri trans-regional boru kəmərlərinin layihələndirilməsi və istismarında, həmçinin ekoloji problemlərin həlli baxımından faydalı ola bilər.

Açar sözlər: Piston kompressor, Boru xətləri, Termodinamika, Struktur analiz, ANSYS.

HUMAN-CENTERED AI (HCAI): PERSPECTIVES ON ALIGNING DIGITAL CONSCIOUSNESS

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419019>

Tamerlan Ibrahimzade

tamerlan.ibrahimzade@gmail.com

<http://orcid.org/0009-0000-6209-3474>

Azerbaijan State Oil and Industry University,

Abstract

Rapid and innovative developments in artificial intelligence (AI) not just resulted in a stream of breakthrough applications. Nevertheless, this progress is not without its controversy and criticism as there are ongoing concerns over possible risks as well as adverse outcomes. Considering the fact that there has been an increased interest in societal impact of AI in order to make sure that it aligns with human values and needs. As a reaction to these needs and concerns, Human-Centered Artificial Intelligence (HCAI) was established as a viable solution. In this study we will explore the main features of HCAI, namely its purpose, properties and values including its implementation in enhancing digital consciousness of AI in the fields of policymaking and higher education. Among purposes, we will explore concepts like AI autonomy, AI augmentation and AI automation, while values will include ethics, safety and performance and finally, properties will cover its oversight, integrity and comprehensibility aspects of AI. In conclusion, all main criticisms as well as traits of HCAI will be addressed and we will leave room for future research on this topic. In summary, the primary purpose of this paper will be deep discussion on the nature of HCAI in order to attract scholarly attention to this crucial component of AI.

Keywords—Artificial intelligence, human-centered approach, digital consciousness, higher education, governance, ethical principles.

Introduction:

To start with, it will be understatement to say that artificial intelligence (AI) made a tremendous impact on our society and even impacting our lives on a daily basis. Given the rapid development of AI technologies, this led to their widespread applications but it also came with its own controversy. This led to increased concerns over possible risks and negative results it may bring. In recent years, both the potential and resulted prevalence of AI have increased rapidly, creating both admiration as well as criticism of AI's capabilities. As a result, different parties of stakeholders such as policymakers, researchers, and

practitioners are exploring how to deploy AI in ways that maximize benefits while mitigating risks and aligning with human needs and values.

Researchers have argued that AI's rapid advances create new requirements for responsible design and deployment. As a response to it, leading tech companies have released frameworks and principles for responsible and trustworthy AI. As AI technologies become further embedded into social roles, new design considerations are required to ensure transparency and predictability. A crucial first step is for AI designers, developers, and policymakers to begin envisioning how AI systems can be shaped to support human welfare, enhance human well-being and augment - rather than diminish – what it means to be human.

Human-Centered Design (HCD):

Human-centered design (HCD) is commonly accepted method for problem-solving which starts from comprehending our target audience and delivering solutions based on the needs of audience as well as their viewpoints. Despite the term being also mistakenly referred as "user-centred design", the defining feature of HCD is its acknowledgement of multiple stakeholders and its impact upon them not just only its impact on traditional users. One design consultancy company namely, IDEO is responsible for popularizing this HCD concept, whereby defining it as a method involving deep empathy development with collaborators, idea generation, building different prototypes together and finally deploying these innovative solutions. Similarly, the Stanford d.school defines HCD as both a process and mindset for identifying important challenges and innovatively tackling deep issues. This method assists in understanding and addressing the requirements of targeted groups also by challenging different assumptions, rethinking problems at hand, and testing new solutions thus providing comprehensive treatment of the overall issues at hand.

Global Policy Perspectives:

At the governmental scale, the OECD (2023) gives recommendations on how to advise the Council on Artificial Intelligence to highlight inclusive growth, sustainable development, and well-being as primary principles to ensure AI governance and ethics. By placing human at the central focus, the recommendations call for emphasizing on values centered on human interests and fairness. The updated OECD guidance (2024) further analyzes the applications of AI systems and their impacts for human rights, addressing the risks of both intentional and inadvertent violations of human-centered values. This has heightened the importance of aligning AI systems with these values, requiring a reassessment of the

values ingrained in their design in addition to the infusion of appropriate safeguards. Furthermore, another OECD (2024b) initiative currently emphasizing the need to consider the growth of general-purpose and generative AI, updating earlier AI guidelines to more rigorously tackle problems related to privacy, intellectual property rights, safety, and information integrity. It is important to note that this framework is the first intergovernmental AI standard, backed by forty-seven adherents, and it has determined more than one hundred policy-related AI initiatives across over seventy countries and jurisdictions.

A central feature of these OECD initiative and their updates is the prevalence on the need for jurisdictions to collaborate for the purpose of developing interoperable governance and policy frameworks for AI. Push for cooperation is driven by the increased presence in AI policy agendas across the globe, emphasizing increasing governmental concerns. Many national governments are actively participating in AI governance, having both independent as well as regional partnerships among themselves. For example, the European Union (EU) seminal AI 2024 Act highlights the first comprehensive push by a major regulator to establish AI regulation, drawing global anticipation as a benchmark for early, thorough policymaking regulation. On a similar note, the aim to guide the development and utilization of AI standards through joint efforts, coordination, and information sharing by the National Institute of Standards and Technology's (2024) draft Plan for Global Engagement on AI Standards (NIST AI 100-5) which advises for a collaborative approach with main international allies and partners is also another notable example. This increased participation and collaboration only increases awareness for AI regulation and pushes for more government initiatives thus maintaining crucial public sector involvement in this ever pressing AI matter.

Emphasizing Consciousness in Higher Education:

The origins of Human-Centered Design can be traced back to fields like ergonomics, psychology, computer science, anthropology, engineering, and the arts. By incorporating so many fields into self, this brings us to the analysis as well as discussion of human-centered AI within the sphere of higher education and different implication it may carry. One could say that we need to emphasize the importance of “re-humanizing education” and educational research in an era dominated by AI. Thus , aim of this study is to introduce deep, critical thinking in a rapidly developing environment, which encourages facing existing assumptions and provide genuine meaning. Advocates of Human-Centered AI (HCAI), promote a myriad of approaches—from highly

centralized systems to more decentralized, participatory frameworks. Furthermore, it is argued that HCAI could ignite even an educational renaissance which not reinforces the process of learning but also gives nourishment to human spirit. But it should be noted that such development progress must be built upon ethical foundations that benefit all students, achievable by elevating human emotional intelligence alongside AI.

Some notable examples should be highlighted and we will discuss some of them here on how AI can facilitate higher-order thinking in higher education. For instance, within Monash University in Australia research has been conducted by Monash Centre for Consciousness and Contemplative Science, in collaboration with other Australian and non-Australian universities. Research has identified that AI chabots can facilitate change in behavior, showing promising opportunities for application between different groups with historically low representation. Additionally, some studies highlight that potential of utilizing different attentional states for educational augmentation. and there are advocates for the creation of digital learning programs for flow facilitation, mind wandering, and mindfulness. These programs are capable of supporting different states of consciousness and foster responsible creativity by utilizing attention as a cognitive resource. Another important study shows that interplay between evaluative judgment and generative AI has the ability to transcend of simply applying human criteria to machine-generated content. Study also emphasizes that educators as well as learners collectively have to uphold their crucial functions. This mindset will help them to maintain humans as the final arbiters of quality and guardians of the learning process in general and make AI as a supplementary rather than complementary tool for higher education. Thereby, education that is capable of opportunity which will increasingly be mediated with AI.

Conclusion:

In summary, suffice to say that this paper highlights the importance of establishing viable AI frameworks which facilitate accessible and inclusive environments at the same time ensuring well-being within the higher education space. A myriad of strategies is described ranging from centralized models to more decentralized, participatory approaches all of which facilitate meaningful engagement in AI governance. By integrating a narrative viewpoint of the study, the paper shows two main principles made to increase human development across governance, ethics, higher education, well-being, and consciousness. Moreover, it highlights the reciprocal relationship among these components, which reinforces a

human-centric viewpoint as AI rapidly change and develops. Thus, this framework displays a space where critical, creative learning enables individuals to transform their environments. We suggest that additional research is required to advance and refine the model, ensuring its flexibility and relevance across diverse geopolitical contexts. While the model already allows for a range of cultural perspectives and inclusivity, they also recommend putting it into practice through applied case studies. These case studies should be followed by evaluations to assess practical implications and identify areas where the model could be improved.

References:

1. Al-Tawil, R., & Hoven, D. 2024. "Threading Humanity Back into Education and Educational Research". *Open Praxis*, 16(2), 269–279. <https://doi.org/10.55982/openpraxis.16.2.644>
2. Bearman, M., Ryan, J., & Ajjaw, R. 2023. "Discourses of artificial intelligence in higher education: a critical literature review". *Higher Education*, 86(2), 369–385. <https://doi.org/10.1007/s10734-022-00937-2>
3. Benayache, S., & Mourad, B. (2024). Influences Personalisation and Student Engagement in the AI Era: Exploring Effects and Influences. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*, 34(2), 2771–2782. <https://doi.org/10.38124/ijisrt/IJISRT24SEP1667>
4. Department of Education. 2024. "Australian Framework for Generative Artificial Intelligence". <https://www.education.gov.au/schooling/resources/australian-framework-generative-artificial-intelligence-ai-schools>
5. European Union. 2024. "The EU Artificial Intelligence Act". <https://artificialintelligenceact.eu/>
6. Gattupalli, S. & Maloy, R. 2024. "On Human-Centered AI in Education". *College of Education Working Papers and Reports Series*. 12. <https://doi.org/10.7275/KXAP-FN13>
7. HAI. 2024. "Stanford University Human-Centered Artificial Intelligence." <https://hai.stanford.edu/about>
8. Kaswan, K. S., Dhatteerwal, J. S., & Ojha, R. P. (2024). AI in personalized learning. In *Advances in Technological Innovations in Higher Education* (pp. 103–117). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003376699-9>
9. Mykhaylenko, V., Safonova, N., Ilchenko, R., Ivashchuk, A., & Babik, I. (2024). Using artificial intelligence to personalise curricula and increase motivation to learn, taking into account psychological aspects. *Data and Metadata*, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.56294/dm2024.241>

10. Yılmaz, Ö. (2024). Personalised learning and artificial intelligence in science education: current state and future perspectives. *Educational Technology Quarterly*, 2024(3), 255–274. <https://doi.org/10.55056/etq.744>

Abstrakt

Süni intellektdə (SI) sürətli və innovativ inkişafлар təkcə inqilabi tətbiqlərin axınına səbəb olmayıb. Bununla belə, bu irəliləyiş mümkün risklər və mənfi nəticələr ilə bağlı davam edən narahatlıqlar üzündən mübahisələrə və tənqidlərə də yol açır. Süni intellektin cəmiyyətə təsiri ilə bağlı marağın artdığını nəzərə alaraq, onun insan dəyərləri və ehtiyacları ilə uyğunlaşmasını təmin etmək vacibdir. Bu tələblər və narahatlıqlara cavab olaraq, İnsan Mərkəzli Süni İntellekt (HCAI) effektiv həll yolu kimi formalaşdırılmışdır. Bu araşdırmada biz HCAI-nin əsas xüsusiyyətlərini – onun məqsədi, xüsusiyyətləri və dəyərlərini, həmçinin siyasətdə və ali təhsil sahələrində SI-nin rəqəmsal şüurunun artırılmasında tətbiq olunmasını – araşdıracağıq. Məqsədlər arasında, SI-nin müstəqilliyi, SI-nin artırılması və avtomatlaşdırılması kimi konsepsiyaları incələyəcəyik; dəyərlərə etik prinsiplər, təhlükəsizlik və performans daxildir; nəhayət, xüsusiyyətlər isə SI-nin nəzarət, dürüstlük və anlaşılirlıq aspektlərini əhatə edəcək. Nəticə olaraq, HCAI-nin bütün əsas tənqid və xüsusiyyətləri müzakirə olunacaq və bu mövzuda gələcək tədqiqatlar üçün yer saxlanılacaq. Xülasə, bu məqalənin əsas məqsədi HCAI-nin təbiəti üzərində dərin müzakirə apararaq, bu vacib SI komponentinə dair alimlərin diqqətini cəlb etməkdir.

Açar sözlər — Süni intellekt, insan-mərkəzli yanaşma, rəqəmsal şüur, ali təhsil, idarəetmə, etik prinsiplər.

Абстракт

Быстрые и инновационные разработки в области искусственного интеллекта (ИИ) привели не только к появлению потока прорывных приложений. Тем не менее, этот прогресс не обходится без споров и критики, поскольку сохраняются опасения по поводу возможных рисков и негативных последствий. Учитывая возросший интерес к общественному влиянию ИИ для того, чтобы обеспечить его соответствие человеческим ценностям и потребностям, в качестве жизнеспособного решения был создан ИИ, ориентированный на человека (HCAI). В данном исследовании мы рассмотрим основные особенности HCAI, а именно его цель, свойства и ценности, включая его применение для повышения цифрового сознания ИИ в областях политики и высшего образования. Среди целей мы изучим такие

концепции, как автономия ИИ, расширение возможностей ИИ и автоматизация ИИ, в то время как ценности будут включать этику, безопасность и эффективность, а свойства – его надзор, целостность и понятность аспектов ИИ. В заключение будут рассмотрены все основные критические замечания и черты НСАИ, при этом будет оставлено место для будущих исследований по данной теме. Подытоживая, основная цель данной статьи заключается в глубоком обсуждении природы НСАИ с целью привлечения внимания научного сообщества к этому важному компоненту ИИ.

Ключевые слова — Искусственный интеллект, человекоцентричный подход, цифровое сознание, высшее образование, управление, этические принципы.

XÜLASƏ

Ağıllı tullantı idarəetməsi tullantıların toplanması, çeşidlənməsi, təkrar emalı və utilizasiyasını daha səmərəli, davamlı və ekoloji cəhətdən təhlükəsiz şəkildə həyata keçirmək üçün müasir texnologiyalardan – məsələn, Əşyaların İnterneti (IoT), süni intellekt (AI) və məlumat analitikası – istifadə edən müasir yanaşmadır. Sensorlarla təchiz olunmuş ağıllı qutular vasitəsilə tullantı qablarının doluluq səviyyəsi real vaxt rejimində izlənilə bilər və bu da tullantıların toplanması marşrutlarını optimallaşdırmağa imkan verir. Nəticədə yanacaq sərfiyyatı və əməliyyat xərcləri azalır.

Bundan əlavə, ağıllı sistemlər toplanmış məlumatları təhlil edərək tullantı vərdişlərini müəyyən edir və vətəndaşlarda daha düzgün təkrar emal davranışını təşviq edir. Proseslərin avtomatlaşdırılması və faydalı məlumatların təqdim olunması sayəsində bu sistem şəhərlərdə çirklənmənin azaldılmasına, istixana qazı emissiyalarının aşağı salınmasına və daha təmiz mühitin yaradılmasına kömək edir. Həmçinin, ağıllı tullantı idarəetməsi ağıllı şəhər konsepsiyasının inkişafında mühüm rol oynayır.

Bu sistemin həyata keçirilməsi üçün dövlət, özəl sektor və vətəndaşlar arasında əməkdaşlıq və investisiya tələb olunur. Lakin uzunmüddətli faydaları – o cümlədən ictimai sağlamlığın yaxşılaşdırılması, resursların qorunması və maliyyə qənaəti – bu yanaşmanı müasir şəhərlərin problemlərinə dəyərli bir həll halına gətirir. Nəticə etibarilə, ağıllı tullantıların idarə edilməsi gələcəyin davamlı şəhərlərinin qurulmasında mühüm və innovativ addımdır. Açar sözlər: ağıllı tullantı idarəetməsi, əşyaların interneti (IoT), süni intellekt (AI), tullantıların təkrar emalı, ekoloji davamlılıq, smart şəhər texnologiyaları, məlumat analitikası, çirklənmənin azaldılması, resursların idarə olunması. (1, səh.7)

Giriş

Müasir dövrdə sürətlə artan əhali və şəhərləşmə prosesi tullantıların həcmi əhəmiyyətli dərəcədə artırmışdır. Ənənəvi tullantı idarəetmə üsulları bu artımı effektiv şəkildə qarşılamaq üçün artıq yetərli deyil. Buna görə də, yeni texnologiyalara əsaslanan innovativ yanaşmaların tətbiqi zərurətə çevrilmişdir. Ağıllı tullantıların idarə edilməsi bu sahədə ön plana çıxan və texnologiya ilə ekoloji davamlılıq birləşdirən müasir bir konsepsiyadır.

Bu sistemlər Əşyaların İnterneti (IoT), süni intellekt (AI), sensor texnologiyaları və məlumat analitikası kimi vasitələrdən istifadə etməklə tullantıların daha səmərəli və davamlı şəkildə idarə olunmasına imkan yaradır. Ağıllı tullantı idarəetməsi yalnız tullantıların toplanmasını və utilizasiyasını deyil, həm də ətraf mühitin qorunmasını, resursların düzgün bölüşdürülməsini və şəhərlərin daha yaşıl və ağıllı gələcəyini təmin etməyi hədəfləyir.

Bu mövzuda təqdim edilən araşdırmada ağıllı tullantı idarəetmə sistemlərinin üstünlükləri, tətbiq sahələri və ekoloji cəhətdən əhəmiyyəti geniş şəkildə araşdırılacaqdır.

Ağıllı tullantı idarəetmə sistemlərinin aktuallığı aşağıdakı səbəblərlə əlaqədardır:

1. **Ətraf mühitin qorunması:**

Tullantıların düzgün idarə olunması zərərli tullantıların ətraf mühitə təsirini azaldır və təkrar emal səviyyəsini artırır.

2. **Şəhər infrastrukturunun effektiv idarə olunması:**

Ağıllı sistemlər tullantıların yığılması prosesini optimallaşdıraraq tıxacları və logistik xərcləri azaldır.

3. **İqtisadi faydalar:**

Resursların səmərəli istifadəsi və əməliyyat xərclərinin azalması iqtisadi səmərəliliyi təmin edir.

4. **İnnovasiya və texnoloji inkişaf:**

IoT, böyük məlumat analitikası və bulud texnologiyaları kimi həllər tullantı idarəçiliyində yeni imkanlar yaradır.

5. **Cəmiyyətin rifahı:**

Təmiz şəhər mühiti və optimallaşdırılmış tullantı idarəetmə sistemi cəmiyyətin sağlamlığı və yaşayış keyfiyyətini artırır.

Bu səbəblərə görə, "Ağıllı tullantı idarəetmə sistemləri" mövzusu həm ekologiya, həm də texnoloji innovasiyalar baxımından mühüm aktualıq kəsb edir.

Sürətli urbanizasiya və əhəlinin artımı şəhərlərdə tullantıların həcmi davamlı şəkildə artırmaqdadır. Ənənəvi tullantı idarəetmə metodları tullantıların səmərəli yığılması, daşınması və emalında ciddi çatışmazlıqlara malikdir. Nəticədə tullantıların vaxtında yığılmaması, qeyri-adekvat emal prosesləri və ətraf mühitin çirklənməsi kimi problemlər yaranır. (6, səh.25)

Mövcud problemlərin əsas aspektləri aşağıdakılardır:

1. **Tullantıların vaxtında yığılmaması:**

Nəzarətsiz tullantı yığınları şəhər mühitində antisanitariyaya səbəb olur, xoşagəlməz qoxu və zərərvericilərin çoxalmasına gətirib çıxarır.

2. **Resurs israfı:**

Ənənəvi sistemlərdə tullantı konteynerlərinin doluluq vəziyyəti nəzərə alınmadan planlaşdırılan marşrutlar əlavə yanacaq sərfiyyatına və əməliyyat xərclərinin artmasına səbəb olur.

3. **Ətraf mühitin çirklənməsi:**

Nəzarət olunmayan tullantılar havanın, torpağın və suyun çirklənməsinə səbəb olaraq ekoloji balans pozur.

4. **Təkrar emal səviyyəsinin aşağı olması:**

Mövcud sistemlərdə tullantıların düzgün çeşidlənməməsi təkrar emal potensialından tam istifadə etməyə mane olur.

5. **Məlumat çatışmazlığı:**

Ənənəvi sistemlərdə tullantı yığım prosesi və konteynerlərin doluluğu barədə real vaxt məlumatları mövcud olmadığından idarəetmə qərarları qeyri-dəqiq olur. (8, səh.14)

Materiallar və Metodlar

Bu araşdırmada ağıllı tullantıların idarə olunması sahəsində istifadə olunan texnologiyalar, tətbiq üsulları və onların effektivliyi təhlil olunmuşdur. Məlumatlar müxtəlif elmi məqalələr, beynəlxalq təşkilatların hesabatları, texnoloji şirkətlərin təqdim etdiyi məhsul məlumatları və real tətbiq nümunələri əsasında toplanmışdır. (3, səh.6)

Materiallar:

- Elmi və texnoloji ədəbiyyat (məqalələr, konfrans materialları)

- BMT, UNEP, Dünya Bankı kimi beynəlxalq qurumların ekoloji hesabatları
- Şəhər idarəetməsi və tullantı texnologiyaları sahəsində fəaliyyət göstərən şirkətlərin təqdim etdiyi texniki sənədlər
- Real vaxt sensorları, GPS izləmə cihazları, məlumat toplayan IoT qurğuları haqqında texniki məlumatlar

Metodlar:

1. **Mənbə araşdırması:** Mövcud ədəbiyyatın təhlili ilə ağıllı tullantı idarəetməsinin texnoloji əsasları və tətbiq imkanları öyrənilmişdir.
2. **Müqayisəli təhlil:** Ənənəvi tullantı idarəetməsi ilə ağıllı sistemlər müqayisə edilərək üstünlüklər və çatışmazlıqlar müəyyən edilmişdir.
3. **Keyfiyyət və səmərəlilik qiymətləndirməsi:** Ağıllı tullantı idarəetmə texnologiyalarının tətbiq olunduğu şəhərlərdəki nəticələr əsasında texnologiyanın effektivliyi qiymətləndirilmişdir.
4. **Model yanaşma:** Ağıllı sistemlərin işləmə prinsipləri və informasiya axını vizual şəkildə modelləşdirilmişdir.

Bu metodlar vasitəsilə mövzunun həm nəzəri, həm də praktik tərəfləri əhatəli şəkildə təhlil olunmuşdur. (7, səh.46)

Əldə olunan nəticələr

Aparılmış araşdırmalar və təhlillər nəticəsində ağıllı tullantıların idarə olunmasının ənənəvi üsullara nisbətən daha səmərəli və ekoloji cəhətdən üstün olduğu müəyyən edilmişdir. Əldə olunan əsas nəticələr aşağıdakılardır:

1. **Tullantıların toplanmasında səmərəlilik artmışdır.** Sensorlarla təchiz olunmuş ağıllı konteynerlər vasitəsilə tullantıların doluluq səviyyəsi real vaxtda izlənilir və marşrutlar optimallaşdırılaraq yanacaq sərfiyyatı və xərclər azaldılır.
2. **Ətraf mühitə mənfi təsir azalmışdır.** Ağıllı sistemlərin tətbiqi nəticəsində tullantıların düzgün və vaxtında toplanması təmin olunur, bu da şəhər çirklənməsinin və istixana qazı emissiyalarının azalmasına səbəb olur.
3. **Təkrar emal nisbəti artmışdır.** Məlumatların təhlili sayəsində vətəndaşların tullantı vərdisləri öyrənilir və təkrar emal prosesləri daha effektiv şəkildə təşkil olunur.
4. **Resursların düzgün idarə olunması təmin edilir.** Ağıllı idarəetmə sistemləri vasitəsilə insan resursları, texnika və enerji daha optimal formada idarə olunur.
5. **İctimai iştirak və maarifləndirmə güclənmişdir.** Mobil tətbiqlər və məlumat platformaları sayəsində vətəndaşlar tullantı idarəciliyində daha fəal iştirak edir və düzgün tullantı vərdisləri formalaşır.
6. **Şəhər planlamasında effektivlik artmışdır.** Ağıllı tullantı sistemlərindən toplanan məlumatlar urbanizasiya və smart şəhər planlamasında faydalı məlumat mənbəyi kimi istifadə edilir.

Bu nəticələr göstərir ki, ağıllı tullantıların idarə olunması şəhərlərin dayanıqlı inkişafı üçün mühüm və zəruri bir texnoloji həll yoludur. (8, səh.21)

Müzakirə

Araşdırmalar göstərir ki, ağıllı tullantı idarəetməsi müasir şəhərlərin qarşılaşdığı tullantı problemlərinə innovativ və effektiv həll yolları təqdim edir. Ənənəvi tullantı sistemləri əksər hallarda qeyri-effektiv və resurs israfına səbəb olan yanaşmalarla xarakterizə olunur. Halbuki ağıllı texnologiyalar bu prosesləri optimallaşdıraraq həm iqtisadi, həm də ekoloji baxımdan faydalı nəticələr verir.

Ağıllı tullantı idarəetməsi sistemləri əsasən sensor texnologiyaları, IoT cihazları, süni intellekt və məlumat analitikası ilə təmin olunur. Bu sistemlər sayəsində tullantıların həcmi və növü dəqiq izlənilir, toplanma vaxtları və yerləri optimal şəkildə planlaşdırılır. Bu, həm xərcləri azaldır, həm də ətraf mühitin qorunmasına töhfə verir.

Bununla belə, bu texnologiyaların geniş tətbiqi bəzi çətinliklərlə də müşayiət olunur. Məsələn, ilkin investisiyaların yüksək olması, infrastrukturun uyğunlaşdırılması və ictimai maarifləndirmənin zəruriliyi bu sahədə əsas problemlərdən hesab olunur. Həmçinin, məlumatların təhlükəsizliyi və texniki xidmətin davamlılığı da vacib məsələlər sırasındadır. Buna baxmayaraq, bir çox inkişaf etmiş ölkələr bu sistemləri uğurla tətbiq etməyə başlayıb və nəticələr göstərir ki, ağıllı tullantı idarəetməsi gələcəkdə daha da geniş yayılacaq. Xüsusilə smart şəhər strategiyalarının bir hissəsi kimi bu sistemlər davamlı inkişafın əsas sütunlarından biri olacaq. Dünya miqyasında ağıllı tullantı idarəetmə sistemlərinin tətbiqi ilə bağlı bir çox uğurlu layihələr mövcuddur:

- **Barselona, İspaniya:**

Sensor əsaslı tullantı konteynerləri və IoT platformaları vasitəsilə tullantıların avtomatik monitorinqi təmin edilir. Nəticədə əməliyyat xərcləri 20% azalmışdır.

- **Seul, Cənubi Koreya:**

Ağıllı tullantı idarəetmə sistemi tullantıların çeşidlənməsi və təkrar emalı üçün müasir texnologiyalardan istifadə edir. Süni intellekt analitikaları ilə tullantı həcmi proqnozlaşdırılır.

- **San-Fransisko, ABŞ:**

Ağıllı tullantı sistemləri sayəsində şəhər tullantılarının təkrar emal səviyyəsi 80%-ə çatdırılmışdır.

- **Amsterdam, Hollandiya:**

IoT texnologiyaları vasitəsilə tullantı

Müasir texnologiyaların tətbiqi ətraf mühitin qorunması və tullantıların səmərəli idarə olunması baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır:

- **Karbon emissiyasının azaldılması:**

Marşrut optimallaşdırılması vasitəsilə tullantı toplama proseslərində yanacaq sərfiyyatı və karbon emissiyaları azalır.

- **Tullantıların təkrar emalı:**

Sensorlar və məlumat analitikası vasitəsilə tullantıların çeşidlənməsi və təkrar emal göstəriciləri artırılır.

- **Ekoloji məlumat analitikası:**

Bulud əsaslı platformalar tullantıların həcmi və növü ilə bağlı ekoloji məlumatları analiz edərək davamlı idarəetmə qərarları verir.

- **Məlumat əsaslı idarəetmə:**

Real vaxt məlumatlarının təhlili ətraf mühitin qorunması və tullantıların idarə olunmasında daha effektiv strategiyaların formalaşdırılmasına imkan verir.

Bu icmal ağıllı tullantı idarəetmə sistemlərinin ekologiya və urbanizasiya sahələrində yaratdığı innovativ imkanları göstərərək mövzunun aktuallığını daha da əsaslandırır. (9, səh.48)

Əldə Olunan Nəticələrin Ümumi Qiymətləndirilməsi

Tədqiqatın nəticələri, ağıllı tullantı idarəetmə sistemlərinin tətbiqinin bir çox müsbət nəticə verdiyini göstərir. Əldə olunan nəticələr, bu sistemlərin şəhər infrastrukturunun

təkmilləşdirilməsinə, tullantıların səmərəli idarə olunmasına və ekoloji təsirlərin azaldılmasına mühüm töhfələr verdiyini göstərir.

1. İqtisadi Faydalar:

- Ağıllı tullantı idarəetmə sistemlərinin tətbiqi ilə şəhərlərdə əməliyyat xərclərinin azalması müşahidə edilmişdir. Marşrutların optimallaşdırılması, resursların səmərəli istifadəsi və nəqliyyat xərclərinin azaldılması bu nəticələrə səbəb olmuşdur.
- Eyni zamanda, təkrar emal proseslərinin artırılması və tullantıların düzgün ayrılması ilə bağlı təkmilləşmiş proqramlar, iqtisadiyyatın daha səmərəli idarə olunmasına kömək edir.

2. Ekoloji Faydalar:

- Ağıllı sistemlər ətraf mühitə müsbət təsir göstərir. Karbon emissiyalarının azalması, təkrar emalın artması və tullantıların düzgün şəkildə ayrılması nəticəsində ətraf mühitin qorunması sahəsində nəzərəçarpan irəliləyişlər əldə edilmişdir.
- Nəticələr, bu sistemlərin şəhərlərdə tullantıların idarə edilməsinin ekoloji təsirlərini azaldaraq, daha yaşıl və davamlı şəhərlərin qurulmasına imkan verdiyini göstərir.

3. Texnoloji Təsirlər:

- IoT texnologiyaları, sensorlar, mobil tətbiqlər və süni intellektin tullantı idarəetməsində tətbiqi, məlumatların daha dəqiq toplanmasına və təhlilinə imkan yaratmışdır. Bu, sistemlərin daha səmərəli işləməsini və şəhərlərdə tullantıların daha sürətli və düzgün şəkildə idarə olunmasını təmin etmişdir.
- Bulud əsaslı sistemlər və şəbəkə texnologiyaları da məlumatların anlıq izlənməsi və təhlilini asanlaşdırmış, həmçinin real vaxt monitorinqinə imkan vermişdir.

4. Sosial və İqtisadi Əsərlər:

- Ağıllı tullantı idarəetmə sistemləri, əhali arasında təkrar emal və tullantıların düzgün ayrılması ilə bağlı sosial maarifləndirmə tədbirlərini dəstəkləmişdir.
- Şəhər və bələdiyyələr arasında daha güclü əməkdaşlıq və texnologiya provayderləri ilə daha sıx əlaqələr, bu sistemlərin daha geniş miqyasda tətbiqini təmin etməyə kömək edir. (2, səh.5)

5. Gələcək Perspektivlər:

- Tədqiqat göstərir ki, ağıllı tullantı idarəetmə sistemləri, texnoloji inkişaf və şəhərlərin qarşılaşdığı çevrilmələrə uyğunlaşdırılaraq daha da inkişaf etdirilə bilər. Sensor texnologiyalarının və süni intellekt alqoritmlərinin inkişafı, tullantıların idarə edilməsinin daha effektiv və ekoloji cəhətdən uyğun bir şəkildə həyata keçirilməsini təmin edəcək.

Ağıllı tullantı idarəetmə sistemləri, şəhər ərazilərində tullantıların daha effektiv idarə olunmasını və ətraf mühitin qorunmasını təmin edən güclü vasitələrdir. Tədqiqatın nəticələri, bu sistemlərin tətbiqinin yalnız texnoloji deyil, həm də sosial və iqtisadi müsbət təsirlərini ortaya çıxarmışdır. Öldə edilən nəticələr, həm şəhər idarəetmə orqanlarının, həm də texnologiya provayderlərinin ağıllı tullantı idarəetmə sistemlərinə daha çox diqqət yetirmələrinin vacibliyini vurğulayır. Gələcək tədqiqatlar, bu sahədə daha yeni və innovativ texnologiyaların inkişafını və tətbiqini təmin edərək, tullantıların idarə edilməsində daha da səmərəli həllərin tapılmasına kömək edəcəkdir. (10, səh.28)

Ədəbiyyat siyahısı

1. Al Mamun, M. A., Hannan, M. A., & Hussain, A. (2021). *Smart waste management system for future cities using IoT and machine learning: A comprehensive review*. Journal of Cleaner Production, 284, 124780. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124780>
2. United Nations Environment Programme (UNEP). (2019). *Waste Management Outlook for Asia and the Pacific*. Retrieved from <https://www.unep.org/>
3. Zorpas, A. A. (2020). *Strategy development in the framework of waste management*. Science of The Total Environment, 716, 137088. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137088>
4. Guerrero, L. A., Maas, G., & Hogland, W. (2013). *Solid waste management challenges for cities in developing countries*. Waste Management, 33(1), 220–232. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.008>
5. European Commission. (2020). *Smart Waste Management in Smart Cities*. Retrieved from <https://ec.europa.eu>
6. Silva, A., & Silva, J. (2022). *Internet of Things for Smart Waste Management: Technologies, Challenges and Opportunities*. Sustainable Cities and Society, 80, 103802. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103802>
7. Abba, A. H., & Garba, A. (2020). *The Role of Artificial Intelligence in Smart Waste Management Systems: A Review*. International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT), 9(7), 45–50.
8. Quliyev, N. İ., & Hüseynov, M. A. (2020). *Tullantıların idarə olunması və təkrar emal texnologiyaları*. Bakı: Azərbaycan Texniki Universiteti nəşriyyatı.
9. Hüseynova, S. S. (2021). *Smart şəhər texnologiyalarının tətbiqi və ekoloji idarəetmə*. Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti Elmi Əsərləri, 1(35), 45–51.
10. Məmmədov, R. (2020). *Rəqəmsal texnologiyalar və ağıllı şəhər modelləri*. Bakı: Bakı Dövlət Universiteti nəşriyyatı.

ABSTRACT

Smart waste management is a modern approach to handling waste using advanced technologies such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), and data analytics. This system aims to make waste collection, sorting, recycling, and disposal more efficient, sustainable, and environmentally friendly. With the help of smart bins equipped with sensors, authorities can monitor the fill levels of containers in real-time and optimize collection routes, which reduces fuel consumption and operational costs.

Moreover, smart systems can analyze data to identify waste patterns and encourage better recycling behavior among citizens. By automating processes and providing valuable insights, smart waste management helps cities reduce pollution, lower greenhouse gas emissions, and promote a cleaner, greener environment. It also plays a crucial role in urban planning by supporting smart city development.

Implementing smart waste management systems requires investment and cooperation between governments, private companies, and the public. However, the long-term benefits—such as improved public health, resource conservation, and cost savings—make it a valuable solution for modern urban challenges. In conclusion, smart waste management is an innovative and essential part of creating sustainable cities for the future. (2, søh.8)

Keywords:

smart waste management, Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), waste recycling, environmental sustainability, smart city technologies, data analytics, pollution reduction, resource management.

ƏDƏBİYYATDA SUNİ İNTELEKTDƏN İSTİFADƏ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419052>

Nurlana Əliyeva

nurlanae01@gmail.com

ORCID: 0009- 0009- 1084-1640

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Xülasə

Bu gün dünyada baş verən dəyişikliklər, texnologiyanın inkişafı, yeni elmlərin yaranması və eyni zamanda suni intellektin geniş yayılması hər bir elm sahəsində olduğu kimi ədəbiyyatda da maraq obyektinə çevrilmişdir. Suni intellektin köməyi ilə yeni layihələr hazırlanır, elmdə yeni kəşflər həyata keçirilir. Digər elm sahələrində olduğu kimi ədəbiyyatda da suni intellekdən yararlanmaq olar. Bu gün ədəbiyyatda bir çox nəzəri fikirlər bədii əsərlərin təhlilində suni intellektin köməyi ilə yeni tənqidi fikirlərə yol açır. Klassik yazarların əsərləri və müasir ədəbiyyatın suni intellektlə əlaqəsi, təhlili mümkündür.

Ədəbi əsərlərdə elə nümunələr var ki, onlarda dil-üslub xüsusiyyətləri və mənası başa düşülməyən, izaha ehtiyacı olan ifadələr, tərkiblər mövcuddur. Məhz bu baxımdan da suni intellektə müraciət və ondan istifadə yararlıdır.

Açar sözlər: texnologiya, tərkib, ədəbi əsər, suni intellekt, bədii əsər, klassik yazıçı

QEYRİ-SƏLİS MƏNTİQ ƏSASLI TORPAQ VƏ BİTKİ UYGUNLUĞUNUN TƏHLİLİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419063>

Hüseyn Qasimov

hqasimov@gmail.com

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Nubar Babazadə

nubar.babazade@mail.ru

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Xülasə: Torpağın fiziki və kimyəvi xüsusiyyətləri bitkilərin inkişafına birbaşa təsir edən əsas amillərdəndir. Torpağın strukturu, sıxlığı, su tutma qabiliyyəti və qida maddələrinin tərkibi bitkilərin sağlam böyüməsi üçün vacibdir. Xüsusilə pH səviyyəsi, azot, fosfor və kalium kimi elementlərin balansı bitkilərin inkişafını müəyyən edən əsas faktorlardandır. Qeyri-səlis məntiq əsasında torpaq xüsusiyyətləri müxtəlif parametrlərlə qiymətləndirilir və bu yanaşma torpağın pH səviyyəsi, su tutma qabiliyyəti, qida maddələri, tekstura, sıxlıq və mikroorqanizmlər kimi faktorların qeyri-səlis qaydalar vasitəsilə analiz edilməsinə imkan yaradır. Müxtəlif təsnifat sistemləri torpağın fraksiya tərkibi və kimyəvi xüsusiyyətlərinə əsaslanır, eyni zamanda torpağın su tutma qabiliyyəti, rütubət səviyyəsi və temperatur da bitkilərin uyğunluğu baxımından əhəmiyyətli rol oynayır. Qeyri-müəyyənlikləri idarə etmək və optimal torpaq-bitki uyğunluğunu müəyyənləşdirmək üçün qeyri-səlis məntiq tətbiq olunur. Bu yanaşma kənd təsərrüfatında məhsuldarlığın artırılması və düzgün torpaq istifadəsi üçün strateji qərarların qəbul edilməsinə kömək edir.

Açar sözlər: Torpaq, torpaq pH səviyyəsi, torpaq təsnifatı, su tutma qabiliyyəti, ekoloji amillər, torpaq məhsuldarlığı, bitki inkişafı, kənd

Uyğun torpağın müəyyən edilməsi üçün parametrlər və qeyri-səlis qaydalar

Uyğun torpağın müəyyən edilməsi üçün qeyri-səlis məntiqə əsaslanan modellərdə, torpaq xüsusiyyətləri müxtəlif parametrlər şəklində müəyyən edilir və bu parametrlər qeyri-səlis qaydalar vasitəsilə qiymətləndirilir. Bu üsul, torpaq xüsusiyyətlərinin daha dəqiq təhlilini təmin edərək optimal bitki-torpaq uyğunluğu üçün qərar qəbuluna yardım edir.

Torpağın bitkilərə uyğunluğunu qiymətləndirmək üçün ən çox istifadə olunan parametrlər bunlardır:

pH Səviyyəsi: Torpağın pH dəyəri bitki köklərinin qida maddələrini nə dərəcədə mənimsəyə biləcəyini göstərir. Müxtəlif bitki növlərinin fərqli pH aralıqlarına ehtiyacı olur; məsələn, bəzi bitkilər qələvi, digərləri isə turş torpaqda yaxşı inkişaf edir.

Su tutma qabiliyyəti: Torpağın suyu saxlama və bitkilərə çatdırma qabiliyyəti bitki inkişafı üçün mühümdür. Çox yüksək və ya aşağı su tutma qabiliyyəti olan torpaqlar bitkilər üçün əlverişli olmaya bilər.

Qida maddələrinin tərkibi: Azot, fosfor, kalium və digər mikroelementlərin mövcudluğu torpağın məhsuldarlığını müəyyənləşdirən əsas parametrlərdəndir. Bu elementlərin balansı bitkilərin sağlam böyüməsi və məhsuldarlığına təsir edir.

Torpaq teksturası: Torpağın qum, palçıq və gil tərkibi onun strukturu və su keçiriciliyini müəyyən edir. Tekstura kök sisteminin inkişafı üçün uyğun olmalıdır.

Sıxlıq və porozite: Torpağın sıxlığı və məsaməli quruluşu, suyun torpaqdan keçməsi və hava dövrənini tənzimləyir. Bu parametrlər bitki köklərinin inkişafı üçün optimal səviyyədə olmalıdır.

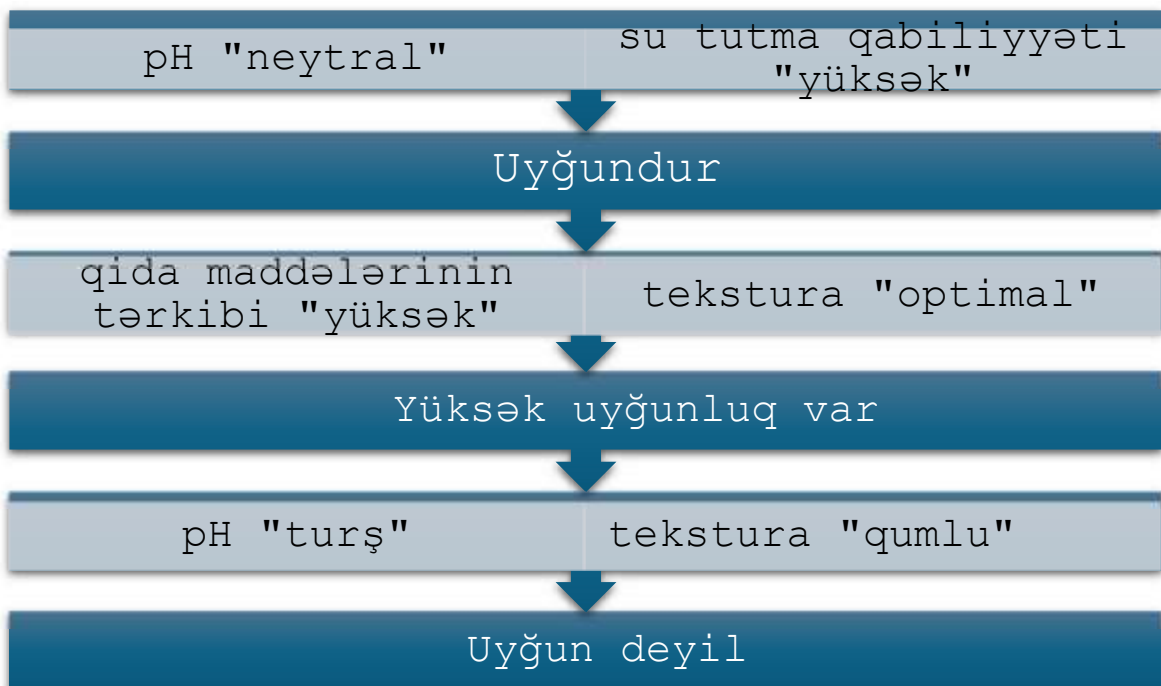
Mikroorqanizmlər: Torpaqdakı bakteriya və göbələk kimi mikroorqanizmlər bitkinin qida maddələrini mənimsəməsi və torpaq sağlamlığının qorunmasında mühüm rol oynayır.

Qeyri-səlis məntiq sistemi, hər bir torpaq parametrini qeyri-səlis dəyişənlər vasitəsilə təyin edərək müxtəlif torpaq növlərini modelləşdirir. Bu sistem aşağıdakı komponentlərdən ibarətdir:

Aidlik funksiyaları: Mənsubiyyət funksiyaları, torpağın hər bir parametri üçün "aşağı", "orta", "yüksək" və s. kimi qeyri-səlis dərəcələri müəyyən edir. Məsələn, pH dəyəri üçün aidlik funksiyaları bu şəkildə ola bilər:

Turş	•pH 4–6
Neytral	•pH 6–7.5
Qələvi	•pH 7.5–9

Qeyri-səlis qayda bazasının yaradılması: Qeyri-səlis qaydalar torpağın müxtəlif parametrlərinin qarşılıqlı təsirini təhlil edərək uyğunluq dərəcəsini təyin edir. Məsələn:



Defuzzifikasiya prosesi: Qeyri-səlis məntiqin nəticələrini dəqiq qiymətlərlə ifadə etmək üçün defuzzifikasiya prosesi istifadə olunur. Bu proses nəticəsində torpağın uyğunluq dərəcəsi dəqiq bir dəyər kimi müəyyən edilir, məsələn, "uyğunluq səviyyəsi 0.8".

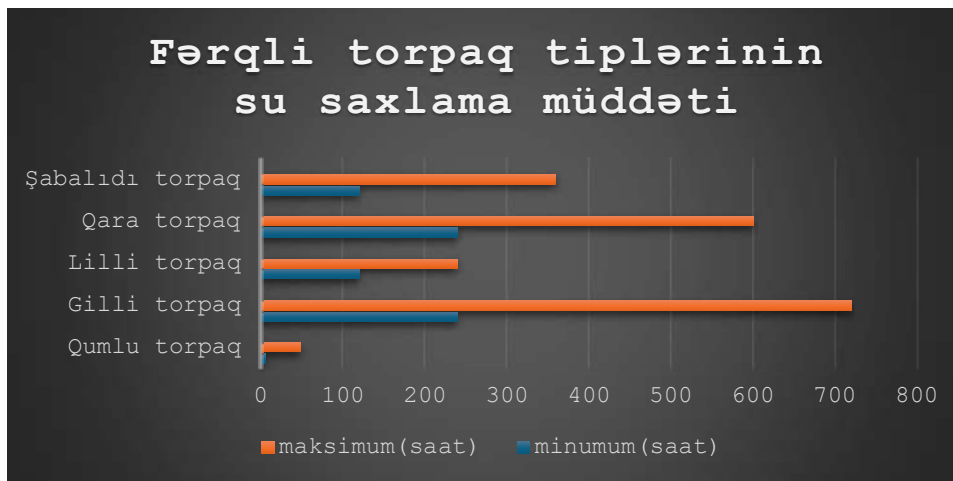
Qeyri-səlis modellərlə torpaq-bitki uyğunluğunu qiymətləndirməyin aşağıdakı üstünlükləri vardır:

Qeyri-müəyyənliklərin idarə edilməsi: Qeyri-səlis qaydalar qeyri-müəyyənliklərə həssas yanaşmanı təmin edir.

Mənsubiyyət funksiyaları və qaydalar vasitəsilə torpaq xüsusiyyətləri dəqiq bir şəkildə modelləşdirilir. Qeyri-səlis qaydalar vasitəsilə ən uyğun torpağın müəyyən olunması kənd təsərrüfatında daha səmərəli qərar qəbuluna kömək edir. Nəticə etibarilə, qeyri-səlis modellər torpaq xüsusiyyətlərinin kompleksliyini daha dəqiq qiymətləndirir, bitki ehtiyaclarına uyğun torpağı müəyyən edir və məhsuldarlığı artırmağa imkan verir. Bu metod vasitəsilə müxtəlif torpaq parametrləri və bitki ehtiyacları arasındakı qarşılıqlı əlaqələr daha yaxşı başa düşülərək optimal nəticələr əldə edilir.

Torpaq təsnifatı torpağın fiziki və kimyəvi xüsusiyyətlərinə əsasən müəyyən edilən bir sistemdir. Əvvəlki təsnifat üsulları əsasən torpağın hissəcik ölçüsünə və mexaniki tərkibinə əsaslanırdı. Lakin müasir dövrdə torpaq təsnifatına yeni yanaşmalar daxil edilmişdir ki, bunlar torpağın kimyəvi tərkibini, su keçiriciliyini, struktur xüsusiyyətlərini və ekoloji amillərlə əlaqəsini də nəzərə alır.

Ənənəvi təsnifata əsasən, torpaq fraksiyaları əsasən qum, gil və lil kimi komponentlərə bölünür. Bu təsnifat üsulu torpağın kənd təsərrüfatında istifadəsi və becərilməsi baxımından əhəmiyyətli olsa da, bəzi hallarda torpaq xüsusiyyətlərini tam əks etdirmir. Buna görə də, müasir təsnifat sistemlərində torpağın mineral tərkibi, üzvi maddə miqdarı, rütubət tutumu və digər ekoloji göstəricilər də nəzərə alınmağa başlanmışdır. Məsələn, torpağın kimyəvi xüsusiyyətərini əsas götürən təsnifat sistemlərindən biri karbonatlı torpaqları ayrıca qrup kimi müəyyənləşdirir. Karbonat tərkibli torpaqlarda kalsium və maqneziumun yüksək olması onların su keçiriciliyinə və bitkilərin normal inkişafı üçün əlavə aqrotexniki tədbirlər tələb oluna bilər. Bundan əlavə torpağın su tutumu və rütubət saxlama qabiliyyəti əsasında aparılan təsnifatlar da mövcuddur. Xüsusilə quraq iqlim şəraitində suyu uzun müddət saxlaya bilən torpaqlar əkinçilik üçün daha əlverişli hesab edilir. Bu xüsusiyyət, əsasən, torpağın gil və üzvi maddə tərkibi ilə əlaqəlidir. Məsələn, gil tərkibli torpaqlar suyu daha yaxşı saxlayır, lakin bəzi hallarda bu, suyun bitki kökləri üçün əlçatan olmasına maneə yarada bilər.



Ölkəmizdə ən geniş yayılmış və sadə hesab edilən təsnifat ikihissəli təsnifatdır. Bu təsnifata əsasən, torpaq hissəcikləri yalnız iki fraksiyaya ayrılır: 0,01 mm-dən iri olan hissəciklər qum, daha kiçik ölçülü hissəciklər isə fiziki gil adlandırılır. Bu təsnifata uyğun olaraq, torpaqda bu iki fraksiyadan birinin üstünlük təşkil etməsinə əsasən torpağın adına “qum” və ya “gil” sözü əlavə edilir. Hər iki fraksiyanın müəyyən nisbətdə qarışığından ibarət olan aralıq qruplar isə “gillicə” və “qumsal” torpaqlar adlanır.

Bu təsnifat çərçivəsində qum-gil nisbətinə, karbonatlı torpaqlarda rütubətlik və digər amillərə əsaslanaraq torpağın ümumi gililik dərəcəsi müəyyən edilir. Məsələn, Sibir bölgəsində torpağın ümumi gililiyi 60%-dən artıq olduqda, həmin torpaq gil torpaq kimi qiymətləndirilir və bu təsnifata uyğun olaraq istifadə edilir.

Orta Asiya və Zaqafqaziya bölgələrinin quraq və dağətəyi ərazilərində karbonatlılığın yüksək olması səbəbindən torpağa gil xüsusiyyəti vermək üçün 0,01 mm-dən kiçik hissəciklərin faiz miqdarını artırmaq tələb olunur. Buna görə də həmin bölgələr üçün bir neçə fərqli təsnifat təklif edilmişdir. Məsələn, Orta Asiya şəraitində aşağıdakı təsnifat tətbiq olunur:

Gilli torpaqlar:

Ağır	• 66%-dən artıq gil olan
Orta	• 50-66% gil olan
Yüngül	• 40-50% gil olan

Gillicə torpaqlar:

Ağır	• 33-40% gil olan
Orta	• 25-33% gil olan
Yüngül	• 20-25% gil olan

Qumsal torpaqlar:

Qumsal	•20-14% gil olan
Qumlu	•14-9% gil olan
Boş qumlu	•9%-dən az gil olan

Bu tip təsnifat torpağın xarakteristikasını müəyyən etmək baxımından olduqca sadədir və əsasən təxmini qiymətləndirmə aparmağa imkan verir.

Nisbətən daha mürəkkəb təsnifatlarda üç və ya dörd əsas torpaq fraksiyası nəzərə alınır. Bunlara daş və çınqıl, qum, toz və lil daxildir. Məsələn, V.R. Vilyamsın təsnifatında aşağıdakı dörd əsas torpaq tipi müəyyən edilir:

Çınqılvari	80%-dən artıq çınqıl olan torpaqlar
Qumlu	60%-dən artıq qumu və 1%-ə yaxın lili olan torpaqlar
Tozvari	50%-dən artıq toz və 5%-dən az lili olan torpaqlar
Lilvari	7%-dən artıq lili, 10%-dən az qumu olan, qalan hissəsi isə tozdan ibarət olan torpaqlar

Bu tiplərdə bir tərəfdən üstünlük təşkil edən fraksiya, digər tərəfdən isə 0,001 mm-dən kiçik olan kolloid hissəciklərin rolu xüsusi vurğulanır. Fraksiyaların fərqli nisbətlərindən asılı olaraq aşağıdakı torpaq yarımtipləri müəyyən edilir:

Çınqılı-lil	80%-ə qədər çınqıl	5%-dən artıq lil
Qumlu-lilvari	60%-ə qədər qum	40%-dən artıq lil
Lilvari-tozvari	50%-ə qədər toz	5%-dən artıq lil
Lilvari-qumlu	60%-ə qədər lil	20%-dən artıq qum
Lilvari-qumsal	20%-ə qədər lil	40%-dən artıq qum
Lilvari-tozvari	20%-ə qədər lil	40%-dən artıq toz

Üç və ya dörd fraksiyanın müxtəlif nisbətlərindən başqa fərqli kombinasiyalar da mümkündür. Məsələn, qumlu-tozvari-lilvari və ya lilvari-qumlu-çınqılıvari kimi tərkiblər mövcuddur. Bu terminlər ədəbiyyatda tez-tez rast gəlinməsinə baxmayaraq, torpağın xüsusiyyətlərinə tam konkretlik gətirmədən sadəcə mexaniki analiz fraksiyalarını daha ətraflı izah etməyə imkan verir. Buna görə də belə mürəkkəb təsnifatlar praktikada geniş istifadə edilir.

1.5.Fərqli iqlim və torpaq şəraitlərində bitki uyğunluğunun dəyərləndirilməsi

Bitki uyğunluğunun dəyərləndirilməsi kənd təsərrüfatında məhsuldarlığı artırmaq və resurslardan səmərəli istifadə etmək üçün vacib bir addımdır. Bu proses müxtəlif torpaq və iqlim şəraitlərinə uyğun bitkilərin seçilməsini və onların bu mühitdə necə inkişaf edə biləcəyini öyrənməyi əhatə edir. İqlim və torpaq xüsusiyyətləri dəyişkənlik göstərdiyi üçün bitki növlərinin həmin şərtlərə adaptasiyası olduqca fərqli ola bilər.

Bitki uyğunluğunu dəyərləndirmək üçün müxtəlif iqlim və torpaq xüsusiyyətləri əsas götürülür. Bitkilər müxtəlif istilik şəraitində fərqli böyümə və məhsuldarlıq göstərə bilirlər. Məsələn, tropik bitkilər yüksək temperatur tələb edir, sərin iqlim bitkiləri isə daha aşağı temperaturlarda inkişaf edə bilər. Yağıntı miqdarı və havanın rütubətliyi bitki növünün su ehtiyacını qarşılamağa uyğun olmalıdır. Su ehtiyacı çox olan bitkilər daha nəmli ərazilərdə inkişaf edir.

Günəş işığı: Bitkilərin fotosintez prosesi üçün günəş işığı miqdarı vacibdir. Uzun günlər və ya yüksək işıq tələb edən bitkilərin düzgün iqlimə uyğunlaşdırılması məhsuldarlığı artırır.

Torpağın turşuluq və ya qələvilik səviyyəsi bitki köklərinin qida maddələrini mənimsəməsinə təsir edir. Hər bitki növü müəyyən pH aralığında daha yaxşı inkişaf edir.

Azot, fosfor və kalium kimi qida maddələri torpağın məhsuldarlığını təyin edir. Bu elementlərin miqdarı və mövcudluğu bitki seçimində önəmli rol oynayır.

Torpağın sıxlığı və havalanma qabiliyyəti kök sisteminin inkişafını təsir edir. Aşağı sıxlıqlı, poroz strukturlu torpaqlar kök sisteminin daha yaxşı inkişafını təmin edir.

Bitkilərin su ehtiyacını ödəmək üçün torpağın su tutma qabiliyyəti əhəmiyyətlidir. Bu xüsusiyyət torpağın nəmliyi saxlama gücünü təyin edir.

Torpaq və iqlim şəraitləri müxtəlif faktorlardan ibarət olduğu üçün uyğunluğun dəqiq təyini üçün qeyri-səlis məntiq istifadə oluna bilər. Bu metodla hər parametrlər üçün uyğun dəyərlər müəyyən edilir və qeyri-səlis qaydalarla qiymətləndirmə aparılır. Əgər torpaq su tutma qabiliyyətinə malikdirsə və rütubət miqdarı da yüksəkdirsə, bu, nəmli və rütubətli iqlimlər üçün ideal sayılan bitkilərin seçilməsi üçün uyğundur.

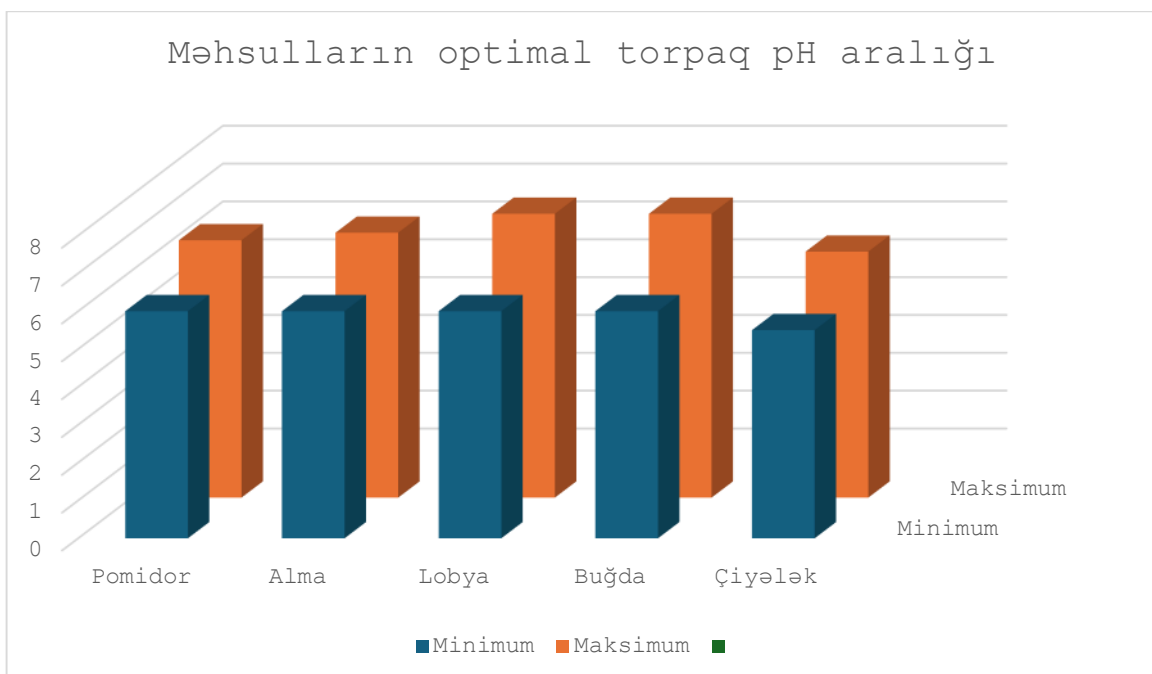
Hər bölgənin torpaq və iqlim şərtləri nəzərə alınaraq uyğun bitki növləri təyin edilir. Quraq və səhrələşmə bölgələrdə su ehtiyacı az olan və quraqlığa davamlı bitkilər seçilir. Su tutma qabiliyyəti yüksək olan torpaqlarda və çox isti iqlim şəraitində, məsələn, buğda, arpa və pambıq kimi bitkilər yetişdirilə bilər.

Nəmli və sərin bölgələrdə, torpaq su tutma qabiliyyəti yüksək, rütubətli və sərin iqlimlər üçün uyğun bitkilər - məsələn, çay, alma, kartof və digər sərin iqlim tərəvəzləri yetişdirilir.

Tropik və subtropik bölgələr: Günəş işığına və rütubətə yüksək ehtiyacı olan bitkilər üçün əlverişlidir. Məsələn, şəkər qamışı, banan, qəhvə və kakao kimi bitkilər bu iqlimdə daha məhsuldar olur.

Fərqli iqlim və torpaq şəraitlərində bitki uyğunluğunun dəyərləndirilməsi kənd təsərrüfatında məhsul seçiminin optimallaşdırılması və resurslardan səmərəli istifadə üçün vacib bir addımdır. Bu proses bitki növlərinin ən uyğun şəraitdə əkilməsinə və torpaq məhsuldarlığının artırılmasına təmin edir ki, bu da ümumi məhsuldarlığı və kənd təsərrüfatının dayanıqlığını artırır.

Məhsullar	Məhsulların optimal torpaq pH aralığı
Pomidor	pH 6.0-6.8
Alma	pH 6.0-7.0
Lobyə	pH 6.0-7.5
Buğda	pH 6.0-7.5
Çiyələk	pH 5.5-6.5



Ədəbiyyat:

1. Dubois, D., & Prade, H. (1980). Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications (s. 220). Academic Press.

2. Sanchez, P. A. (2019). Properties and Management of Soils in the Tropics (s. 45). Cambridge University Press.
3. Hillel, D. (2004). Introduction to Soil Physics (s. 78). Academic Press.
4. Məmmədov, Q. (2011). Torpaqşünaslıq və torpaq coğrafiyasının əsasları (s. 120). Bakı: Elm və Təhsil.

Abstract: The physical and chemical properties of soil are key factors that directly influence plant growth. The structure, density, water-holding capacity, and nutrient composition of the soil are essential for healthy plant development. In particular, the balance of elements such as pH level, nitrogen, phosphorus, and potassium plays a crucial role in determining plant growth. Using fuzzy logic, soil characteristics are evaluated based on various parameters, allowing the analysis of factors such as pH level, water-holding capacity, nutrients, texture, density, and microorganisms through fuzzy rules. Different classification systems are based on the fractional composition and chemical properties of the soil, while factors such as water-holding capacity, moisture level, and temperature play a significant role in plant compatibility. Fuzzy logic is applied to manage uncertainties and determine the optimal soil-plant compatibility. This approach helps in making strategic decisions for increasing agricultural productivity and ensuring proper soil utilization.

Keywords: Soil, soil pH level, soil classification, water retention capacity, ecological factors, soil fertility, plant growth, village

DIGITAL CONSCIOUSNESS AT THE EDGE: A PHILOSOPHICAL INQUIRY INTO THE REPLACEMENT OR ENHANCEMENT OF HUMAN NATURE

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419076>

Mahammad Budagov
budagovmahammad@gmail.com
Nakhchivan State University

Xülasə

Bu məqalə süni intellektin inkişafı ilə formalaşmağa başlayan “rəqəmsal şüur” anlayışını fəlsəfi və məntiqi baxış bucağından araşdırır. Əsas diqqət rəqəmsal şüurun insan təbiətini əvəz etmə potensialına qarşı onu tamamlayıcı rol oynamaq qabiliyyəti üzərində cəmlənmişdir. Müəllif qeyd edir ki, şüur yalnız informasiya emalı deyil, həm də fərdi təcrübə və mənalı dərk etmə ilə bağlıdır. İnsan şüuru empatiya, intuisiya və mənəvi məsuliyyət kimi elementlərlə zəngindir ki, bu da onu maşından fərqləndirir. Rəqəmsal sistemlər öyrənə, qərar verə və adaptasiya ola bilsələr də, onların “özünü dərk etmə” bacarığı yoxdur. Məqalədə qeyd olunur ki, bu səbəbdən süni intellekti insanı əvəz edəcək bir varlıq kimi deyil, insan fəaliyyətini gücləndirən bir alət kimi görmək daha düzgündür. Bu yanaşma etik və humanist prinsiplərə əsaslanır. Məqalədə həmçinin texnologiyanın insan təcrübəsinə zərər vermədən necə birgə işləyə biləcəyinə dair təkliflər irəli sürülür. Nəticə olaraq, müəllif iddia edir ki, gələcəkdə AI ilə insan arasında rəqabət deyil, qarşılıqlı əməkdaşlıq əsaslı bir münasibət qurulmalıdır. Beləliklə, texnologiya insan ruhunu qoruyaraq, onu daha da zənginləşdirə bilər.

Açar sözlər: rəqəmsal şüur, şüurun fəlsəfi təhlili, özünü dərk etmə, maşın və insan fərqləri, etik və humanist yanaşmalar.

Резюме

В данной статье исследуется понятие «цифрового сознания», формирующееся в результате стремительного развития искусственного интеллекта, с философской и логической точек зрения. Основной акцент сделан на вопрос: может ли цифровое сознание заменить человеческую природу, или же оно должно выступать как дополнение к ней? Автор подчеркивает, что сознание — это не просто обработка информации, а субъективный опыт, наполненный смыслом, эмоциями и нравственными размышлениями. В то время как цифровые системы способны анализировать данные и принимать решения, у них отсутствует самосознание, эмпатия и моральная ответственность — качества, присущие человеку. Статья предлагает рассматривать ИИ не как угрозу, а как инструмент, способный усилить возможности человека в различных сферах, таких как медицина, образование и наука. Однако при этом важным условием остается этически ориентированный, человекоцентричный подход к разработке и использованию ИИ. В заключение подчеркивается, что будущее — это не соревнование между человеком и машиной, а их сотрудничество. Лишь сохранив центральную роль человека, мы сможем гармонично интегрировать цифровые технологии в наше общество и культуру, не потеряв при этом свою сущность.

Ключевые слова: цифровое сознание, философский анализ сознания, самосознание, различия между машиной и человеком, этические и гуманистические подходы.

Introduction

In the ever-evolving landscape of artificial intelligence, we find ourselves standing at a pivotal juncture, one that increasingly blurs the lines between human and machine cognition. The notion of digital consciousness — artificial intelligence that not only processes information but also emulates elements of human awareness — presents profound and far-reaching questions about the future of humanity. As this emerging form of digital sentience advances, it challenges us to consider: Will AI eventually replace human nature, rendering our minds obsolete? Or, as some advocates of AI imagine, will it merely enhance the human condition, expanding our cognitive and creative potential?

At the very heart of this inquiry lies a crucial distinction between simple data processing and true consciousness. While AI systems have demonstrated the ability to solve complex problems, predict patterns, and even simulate emotional responses, they remain devoid of qualia — the subjective, internal experiences that define human consciousness. This distinction is not a matter of intelligence alone; it touches upon awareness — the ability to experience sensations, to feel, and to comprehend one's own existence. The central question then becomes: Can a machine, no matter how advanced, ever truly possess this level of awareness?

Philosophers have long grappled with the nature of consciousness, developing theories ranging from dualism to materialism, each offering a unique perspective on what it means to be truly "aware." However, the rapid ascent of digital technologies compels us to revisit these age-old philosophical debates. The question is no longer purely theoretical — it is both practical and urgent. As AI becomes increasingly integrated into nearly every aspect of our lives, we must critically ask: Is this technology meant to replace us, or is it designed to complement and expand upon our human potential?

This paper seeks to explore these philosophical questions in depth, ultimately suggesting that digital consciousness, when harnessed ethically, has the potential to enhance human capabilities rather than supplant them. The relationship between human beings and AI should not be framed as one of competition, but rather as a collaboration, in which technology serves to amplify, rather than overshadow, our inherent humanity. By embracing AI as an extension of human potential, we open the door to a future where human consciousness is both preserved and enriched, enabling us to explore new dimensions of creativity, understanding, and experience.

The Emergence of Digital Consciousness

As we continue to explore the emergence of digital consciousness, we begin to realize that the very nature of intelligence and awareness is being redefined. Historically, consciousness has been viewed as a deeply human, biological phenomenon — something that arose from the complex neural networks in our brains, shaped by millennia of evolution and experience. Yet the rapid progress of AI forces us to confront a more challenging question: What if consciousness is not a uniquely biological trait? What if, with the right

algorithms, data processing systems, and computational frameworks, consciousness itself could emerge in an artificial entity?

In contemplating the potential for machines to exhibit forms of awareness, it becomes increasingly necessary to distinguish between two different, though related, concepts: intelligence and consciousness. Intelligence refers to the ability to solve problems, adapt to new situations, and perform tasks, often in an efficient or optimized manner. (Tononi, & Raison, 2024, p.33) By these standards, AI has already surpassed human capabilities in many fields. Machines can process information far faster than any human can, predict patterns with uncanny accuracy, and simulate emotional responses that often seem authentic. However, true consciousness—defined by subjective experience, self-awareness, and intentionality—remains out of reach for AI. A machine can simulate empathy, for instance, but does it truly feel compassion? It can calculate the most efficient way to navigate a problem, but does it understand the meaning behind its actions?

These distinctions are critical because they challenge the foundational assumptions we have about ourselves as human beings. If digital consciousness is ever realized, it might force us to reconsider the boundaries of what it means to be alive, aware, and sentient. If machines can one day simulate—or even develop—forms of consciousness that resemble human awareness, will they become entities in their own right, deserving of rights, moral consideration, and ethical treatment? These questions bring us back to the ethical responsibilities that accompany the creation of AI and digital consciousness. The implications of creating beings with consciousness—digital or otherwise—are vast, involving not just philosophical questions but practical concerns about justice, equality, and the moral fabric of society.

While the prospect of digital consciousness might seem distant, there are real and immediate ethical concerns surrounding the development of AI systems that can simulate human-like emotions, make autonomous decisions, and act independently. The potential for AI to shape society in profound ways is already visible today. From self-driving cars to autonomous military drones, AI is increasingly embedded in decision-making processes that were once the sole purview of human judgment. The question arises: If AI systems are making decisions on behalf of humans, how do we ensure that these systems are aligned with human values? Can we trust that AI will act ethically when it lacks the intrinsic capacity for empathy, compassion, and moral reasoning?

One answer to this dilemma lies in the development of AI that is explicitly designed to be ethically guided. Just as we have systems of laws and societal norms to guide human behavior, we must create frameworks for ensuring that AI behaves in ways that benefit humanity. This requires not only programming AI to follow specific ethical principles but also ensuring that AI systems are transparent, accountable, and open to scrutiny. Much like human beings, AI systems must be able to justify their decisions, explain their reasoning, and be held responsible for their actions. This task, however, is easier said than done. AI systems are becoming more complex, more autonomous, and more difficult to understand. We must strike a balance between creating AI that can function independently while still retaining oversight and accountability.

In addition to ethical concerns, the development of digital consciousness raises questions about the social, political, and economic impact of AI. As AI becomes more

integrated into every aspect of our lives, from healthcare to education to the workforce, the question arises: What is the role of humanity in an increasingly automated world? Will AI lead to greater equality, or will it exacerbate existing inequalities? Will it empower individuals and communities, or will it concentrate power in the hands of a few corporations and governments that control these technologies? These questions are not speculative—they are already emerging in various forms today.(Butlin,2023,p.98)

The rise of AI has the potential to revolutionize many aspects of life, but it also poses serious risks if not developed and regulated responsibly. As AI systems become more capable, the potential for misuse—whether through malicious actors or unintended consequences—becomes more pronounced. Consider the potential for AI systems to perpetuate bias or discrimination in hiring practices, law enforcement, or credit scoring. How do we ensure that AI operates in ways that are just, fair, and equitable, particularly when it comes to decision-making that affects people's lives? This is where the human-centered approach to AI becomes crucial. By embedding ethical principles into the design, development, and deployment of AI systems, we ensure that the technologies we create serve the common good, rather than perpetuating harm or reinforcing unjust systems.

Another key challenge lies in the relationship between human beings and AI as partners in the future of creativity and expression. In fields like art, literature, and music, AI has already begun to make significant contributions. It has written poetry, composed symphonies, and created visual art that challenges our traditional notions of what constitutes creativity. As AI continues to advance, questions about the nature of creativity itself will arise. Is creativity merely the ability to produce novel combinations of existing ideas, or is it something more—a deeply personal expression of self, experience, and emotion? If a machine can create art that resonates with people, does it diminish the value of human-created art, or does it expand the possibilities of creative expression?

The future of AI and digital consciousness is not merely about advancing technology for the sake of progress. It is about ensuring that these advancements are grounded in a deep understanding of the human condition and the values that define it. We must approach AI not as a tool for replacing human nature but as a force for augmenting and expanding the human experience. By fostering a relationship of collaboration rather than competition, we can ensure that AI serves to elevate our capabilities and enrich our lives, rather than overshadowing our essential humanity.

The ultimate question, then, is not whether AI will replace us but how we will choose to shape its role in our world. Will we allow AI to become a tool for progress that enhances our cognitive, emotional, and creative potential, or will we let it become a force that diminishes our humanity, rendering us irrelevant in an increasingly automated world? By embracing AI as a partner, rather than a replacement, we open the door to a future where technology and humanity coexist in mutual flourishing. Digital consciousness, rather than competing with human consciousness, can become an extension of our collective ability to understand, create, and evolve. The future of AI is not one of opposition but one of partnership, where technology serves humanity, enhancing our capacity for meaning, connection, and growth.

This vision of the future holds the promise of a world in which AI amplifies the best of what it means to be human, expanding the horizons of possibility while preserving the

unique essence of human consciousness—our ability to dream, to love, and to reflect upon our existence in ways that no machine ever could. It is through this collaboration, guided by ethical principles and a commitment to human values, that we can unlock the true potential of both AI and humanity, creating a future where technology and humanity work together to build a more compassionate, creative, and enlightened world.

A Philosophical Inquiry into the Replacement or Enhancement of Human Nature

As the capabilities of artificial intelligence (AI) continue to evolve, a profound philosophical inquiry arises: Will these advancements in technology eventually replace human nature, or will they enhance it? This question encapsulates the tension between the promise of AI's potential to amplify human life and the fear that it may render our inherent humanity obsolete. To explore this issue thoroughly, we must delve into the core of what it means to be human—our consciousness, emotions, cognition, and the very essence of our self-awareness—and examine whether AI can replicate or augment these qualities.(Prettyman, 2024, p.45)

Defining Human Nature

Human nature, at its core, is comprised of the traits, behaviors, and experiences that characterize human beings across cultures and societies. These include our capacity for reasoning, moral judgment, emotional depth, and the subjective experience of consciousness. These elements of our humanity are not just functions of our biology or physiology but are inextricably linked to our existential awareness—our ability to reflect upon ourselves, to experience meaning, and to perceive the world through a deeply personal lens.

In traditional philosophical terms, the human condition has been understood as a union of mind and body, where the mind represents our cognitive, emotional, and conscious experiences, and the body provides the vessel through which these experiences manifest. The relationship between the mind and body has been the subject of centuries of debate, with theories ranging from dualism (which posits the mind and body as distinct entities) to materialism (which asserts that consciousness arises solely from physical processes in the brain). The nature of human consciousness is complex, deeply subjective, and elusive, which is what makes the question of AI's impact on human nature so intriguing.

AI as a Replacement for Human Nature

The vision of AI as a replacement for human nature finds its roots in the philosophy of transhumanism, a movement that advocates for the enhancement of the human condition through technological advancements, including AI, biotechnology, and cybernetics. Some proponents of transhumanism argue that, through the development of highly advanced AI, human limitations—both physical and cognitive—can be overcome. They envision a future where AI not only augments human capabilities but completely replaces the need for biological functions such as aging, emotions, and even consciousness itself.

In this context, AI is viewed as an entity that could surpass human intelligence, potentially leading to the creation of digital beings with their own self-awareness. These beings might possess superior cognitive abilities, enhanced memory, and reasoning capacities far beyond the limitations of the human brain. Furthermore, the transhumanist vision suggests that AI could free us from the vulnerabilities of our human bodies—eliminating suffering, disease, and even death through digital immortality.

However, the question arises: If AI replaces the essential aspects of human nature—our emotions, moral sensibilities, and consciousness—does this still constitute "human" life? If a machine becomes more intelligent than any human could be, but lacks the capacity for subjective experience (the "what it's like" aspect of consciousness), would it truly possess the qualities that make us human? Can intelligence exist without the depths of emotional and existential awareness that define our humanity?

This line of thinking leads to a reductionist view of human nature, where consciousness and the human experience are reduced to mere data processing. While AI may be able to simulate emotions, make decisions, and optimize tasks, it may never achieve the rich, qualitative experience that we associate with being human. The human mind is not just a computational system; it is a vessel for meaning, relationships, and self-awareness. Removing these deeper qualities in favor of pure efficiency and calculation risks stripping away the richness that makes human life valuable.

AI as an Enhancement of Human Nature

Contrasting with the vision of AI as a replacement for human nature is the perspective that AI has the potential to enhance, rather than replace, human qualities. Under this view, AI is seen not as a rival to human consciousness but as a tool that amplifies our inherent abilities. Rather than diminishing what it means to be human, AI could serve as a powerful instrument for expanding our cognitive, emotional, and creative capacities.

For example, AI could assist in solving complex problems that are beyond the scope of human capabilities, such as predicting climate change patterns or finding cures for diseases. It could enhance human creativity, offering new ways to express ourselves through art, music, and literature. AI's potential in education could transform learning, allowing personalized, adaptive learning experiences that cater to the unique needs of each individual.

The idea of AI as an enhancement of human nature is rooted in the belief that technology can help us transcend our limitations while preserving the fundamental qualities that define us as human beings. AI, in this light, becomes a tool that amplifies our ability to think, feel, create, and connect with others. By combining the strengths of human empathy, moral reasoning, and creativity with the processing power of AI, humanity could experience an era of unprecedented growth and understanding.

This vision of AI does not imply that the essence of human nature is lost or overshadowed by technology. Rather, it suggests that AI can act as an extension of human capabilities, assisting in the achievement of personal and collective goals, all while maintaining our moral and ethical obligations. It is a partnership between human beings and machines, one where the goals of both are aligned toward enhancing the human condition, not replacing it.

Ethical Considerations: The Human Spirit and AI

Central to the question of whether AI can replace or enhance human nature is an ethical consideration: What is the true nature of the human spirit, and can it be replicated or augmented by machines? The human spirit embodies qualities such as empathy, self-awareness, creativity, and moral judgment. It is these aspects of our existence that define the human experience and give life meaning.

If AI were to replace or significantly alter these aspects, would it still be possible for humanity to retain its ethical core? Could we trust that AI systems would behave in morally responsible ways, or would they make decisions purely based on algorithms, devoid of empathy or moral reasoning? AI systems may be able to follow rules, but can they understand the complexities of human morality, the depth of our emotions, or the nuances of human experience?

To avoid these risks, AI development must be approached with a deep understanding of its ethical implications. Human-centered values must guide the design and application of AI technologies, ensuring that they serve humanity's greatest good and reflect the diversity of human experience. AI should not seek to replace our emotional intelligence, our capacity for self-reflection, or our understanding of the world, but rather amplify our ability to navigate complex challenges and promote collective well-being.

A Future of Partnership, Not Competition

Ultimately, the philosophical inquiry into whether AI will replace or enhance human nature points to a crucial insight: the future need not be one of competition between humans and machines, but one of collaboration. If developed and applied thoughtfully, AI can serve as a tool that amplifies our human potential, enabling us to transcend limitations and address the pressing challenges of the modern world. AI does not need to replace our humanity; rather, it can work alongside us, enhancing our cognitive, creative, and emotional capacities.

Conclusion:

As we stand on the precipice of a new era, one shaped by the rise of artificial intelligence and the emerging possibility of digital consciousness, it is essential that we approach this evolution with both philosophical depth and ethical responsibility. The advent of AI has brought about astonishing advances in technology, with systems now capable of mimicking human behavior, processing immense quantities of data, and even performing complex tasks with a level of efficiency that outpaces our own. Yet, despite these impressive strides, AI remains devoid of the inner, subjective experience—the very essence of true consciousness—that lies at the heart of our humanity. This raises a profound question: Is the issue at hand really whether machines will one day replace us, or is it how we, as a society, choose to shape our relationship with them?

Rather than yielding to the anxiety of obsolescence or subscribing to the dystopian vision of total replacement, we must seek a path forward that emphasizes collaboration, enhancement, and mutual growth. The development of AI need not be a zero-sum game in which one side triumphs over the other. Instead, when developed and applied with a strong foundation of human-centered values, AI holds the potential to elevate our cognitive, creative, and emotional capacities, enhancing what it means to be human rather than diminishing it. Digital consciousness, rather than posing a threat, can be seen as a mirror—one through which we gain a deeper understanding of ourselves, our motivations, and our place in the world. It can become a valuable partner in our ongoing journey of growth and discovery, helping us reach new heights of knowledge and creativity. (Clark, 2003,p.78)

In embracing this symbiotic relationship between humans and machines, we can preserve the sanctity of the human spirit while simultaneously unlocking new frontiers of

possibility. The future of AI is not one in which humanity is rendered obsolete, but one in which our potential is magnified and our capacity for growth expanded. This evolution, guided by a deep sense of ethical awareness and philosophical understanding, allows us to move forward with a clear recognition that consciousness, in its truest and most profound form, is not merely a matter of intelligence. It is about meaning, presence, and the ability to connect—deeply and authentically—with ourselves, with one another, and with the world around us. It is this capacity for connection and understanding that ultimately defines our humanity and will continue to shape the future of AI.

References:

1. Butlin, P., Long, R., Elmoznino, E., Bengio, Y., Birch, J., Constant, A., Deane, G., Fleming, S. M., Frith, C., Ji, X., Kanai, R., Klein, C., Lindsay, G., Michel, M., Mudrik, L., Peters, M. A. K., Schwitzgebel, E., Simon, J., & VanRullen, R. (2023). Consciousness in artificial intelligence: Insights from the science of consciousness. arXiv.
2. Clark, A. (2003). *Natural-born cyborgs: Minds, technologies, and the future of human intelligence*. Oxford University Press
3. Prettyman, A. (2024). Artificial consciousness.
4. Tononi, G., & Raison, C. (2024). Artificial intelligence, consciousness and psychiatry. *World Psychiatry*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11403160/>

DEVELOPMENT OF INTELLIGENT ASSESSMENT SYSTEMS IN THE MODERN EDUCATIONAL ENVIRONMENT

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419082>

Konul Aliyeva

konul.aliyeva@sdu.edu.az

Sumgayit State University

Xayala Seyfullayeva

xayala.seyfullayeva@sdu.edu.az

Sumgayit State University

Abstract. *The application of Artificial Intelligence (AI) technologies in education, particularly in assessment processes, has led to a transformation of traditional approaches. This article explores the development and implementation of intelligent assessment systems in the field of education. The advantages, challenges, and implementation strategies of AI-based assessment systems are analyzed. The aim is to contribute to the creation of a more effective assessment environment by increasing objectivity, flexibility, and personalization in the educational process*

Keywords: *assessment methods, digitalization, artificial intellect, intellectual assessment systems, educational context*

Modern education is undergoing a stage of profound transformations caused by the integration of digital technologies. Among the key areas of this transformation is the introduction of artificial intelligence (AI) into knowledge and skills assessment processes. AI provides an opportunity to revise traditional approaches to assessment, making it more accurate, personalized and operational. However, the development of such systems requires consideration of many factors: technical, pedagogical, ethical and organizational. The digital transformation of modern education requires rethinking traditional methods of knowledge assessment. Artificial intelligence (AI)-based systems are opening up new horizons in automation, personalization, and analytics of learning achievements. This article is devoted to the consideration of key aspects of the design, implementation and development of assessment systems using AI technologies. Assessment is not just a measurement of knowledge, but also an essential element of educational process management. Mistakes in assessment can not only distort the picture of academic performance, but also affect motivation, self-esteem, and the student's future path. Therefore, assessment systems should not only be accurate, but also flexible, objective, and supportive of development.

AI is able to provide fast and scalable assessment, reduce teacher workload, identify hidden patterns in learning, and create personalized educational routes. Due to the fact that modern educational systems face a number of challenges, such as an increase in the number of students, a shortage of qualified teachers and the need for a flexible and individual learning trajectory. AI can act not only as an automation tool, but also as an intelligent intermediary between the learner and the educational environment. The introduction of AI into processes is becoming particularly promising. grades, as this is a critical element of student feedback and motivation. One of the main advantages of using AI in education is its ability to offer interesting and engaging educational materials. AI can create virtual courses, educational games, and interactive lessons that can generate deep interest in a

subject and motivation for students to study. Artificial intelligence also helps teachers to effectively assess students' knowledge. Automated AI-based systems allow teachers to obtain accurate data on each student's academic performance and their strengths and weaknesses. This, in turn, helps teachers identify students' individual needs and develop strategies for their support and development. One of the main advantages of using AI in education is its ability.

Currently, models based on the concept of competencies are being actively developed to manage the learning process using artificial intelligence systems, the formation of which is the main indicator of the quality of student training at the university.

In general, the use of artificial intelligence systems to assess the quality of competence formation is focused on obtaining the most reliable and Intelligent consulting systems have been developed to support the solution of tasks and the search for information on training. As a rule, such systems consist of two components: a learning reference environment and an explanation system. The function of supporting the educational process is also performed by accompanying intelligent systems that are capable of:

- detect an error in user actions;
- focus on the main elements of the course;
- provide an opportunity for students to take notes and share them with each other;
- analyze the volume and time of studying the training course by students;
- identify the reasons for discontinuing the proposed course.

Technology has penetrated the field of education at different rates and has not fundamentally changed it so far. The teacher—student model has existed since ancient times, when the first schools were just beginning. It has not changed even after the introduction of computers in educational institutions in the 60-70s of the last century. In the 21st century, the introduction of technology into the learning process is more active, primarily due to the widespread use of communications and the Internet. The coronavirus pandemic has also become a strong incentive, forcing schools and universities around the world to switch to distance learning. Artificial intelligence (AI) technologies are penetrating deeper into the field of education every year. They are able to change the usual methods and ways of learning. Opportunities Both improve educational processes and force rethinking approaches to learning. At the same time, there are a number of questions about the negative impact of AI on education. Society has to look for answers to them now.

The role and share of technology in education is growing. According to the IMARS Group, the global AI market in education reached \$3.5 billion in 2023. According to the company, the average annual growth rate of the market in the next 10 years will be 35.82%. As a result, it will reach 55.3 billion dollars.

And it has great potential for the education industry. First of all, he takes on the automation of routine tasks that take up a lot of teachers' time. AI can become a learning guide for students and schoolchildren. Today, the market for AI-based applications and tools is emerging, based on which several trends can be identified.

Education is a complex and multifaceted process in which, in addition to training, there is a large layer of administrative work: preparation of reports, programs, schedules, attendance records, and so on. In classical education, it is assumed that teachers should use their main working hours to interact with students.

Intelligent systems help to facilitate the work of both the administration of educational institutions, as well as teachers and lecturers. In addition to optimizing routine and bureaucratic tasks, the tools are based on and analyze large amounts of information about student performance, attendance, and behavior. This helps the teaching staff to make more precise decisions about the organization of the educational process. The HMH study showed that teachers also see benefits in three areas of their work: working with documents and reports (51%), drawing up lesson plans (48%) and writing texts (41%).

Various AI-based tools help teachers and students optimize the learning process. For example, using generative AI, teachers can quickly create content for educational materials, presentations, similar assignments, etc. The solutions also allow you to analyze learning metrics, adapt training programs to the needs of specific students, and automate routine operations.

Virtual assistants for students help users manage the learning process on their own. They suggest a trajectory, give feedback, and offer to solve tasks. Unlike a human teacher, virtual assistants are available 24/7 and can "speak" in different languages. There are also examples of digital teachers. Communication between the student and the system takes place using voice, which mimics a conversation with a person as much as possible. The most accessible tool is various neural networks.

Khanmigo is an AI teaching assistant who makes lesson plans, questions for tests and quizzes, exam tickets, etc. The service also helps you write texts and provides access to a large database of content. According to UNESCO, the education sector is not sufficiently ready for the competent integration of AI. According to the organization's survey of schools and universities, only about 10% of them have a strategy or official policies for using generative AI. In September 2023, UNESCO released the first Global Guideline on the Use of Generative AI in Education and Research. The key proposal of the organization is to introduce an age limit of 13 years for working with AI programs. The organization calls on States to develop a regulatory framework for the use of AI in educational institutions.

Artificial intelligence in competency assessment is the use of advanced algorithms and machine learning to analyze, measure, and evaluate learners' knowledge, skills, and abilities. These technologies allow you to automate assessment processes, providing more accurate, objective and scalable results.

You can significantly improve the process of assessing your students' competencies by using the tools and. Despite the advantages of I-assessment, it should be used in combination with traditional methods. The role of the teacher remains key in interpreting the results, ensuring objectivity and involving students in the assessment process. The integration of AI tools and expert assessment allows us to obtain the most complete and reliable picture of competencies.

It is important to understand that AI does not replace, but complements traditional assessment methods. The optimal approach is to combine automated I-assessment with expert teacher assessment, especially for complex, creative assignments. For effective implementation of I-assessment, it is necessary to provide teacher training. This includes understanding the principles of operation and interpretation of the results and the ability to explain these results to students. Educational programs can be optimized based on I-assessment capabilities. For example, the inclusion of more interactive tasks that can be

automatically evaluated, or the development of new assessment formats that take advantage of AI.

One of the main areas of development of I-assessment systems is the automatic verification of written papers. Modern NLP (natural language processing) algorithms allow analyzing texts for semantic coherence, argumentation, spelling, and even logical structure.

And the analysis of behavior and learning metrics is also one of the areas of development of AI assessment systems. AI is able to track not only the final results (tests), but also the learning process: the frequency of access to materials, time spent on tasks, sequence of actions, behavioral patterns.

Adaptive testing and voice and video analytics are also the main areas of development of I-assessment systems. I-platforms can dynamically select the level of difficulty of questions depending on the student's current answers, which provides a more accurate diagnosis of knowledge. The use of AI in speech and facial recognition opens the way to evaluating oral responses, presentations, communication skills, and even emotional state.

The principles of developing an effective AI assessment system include transparency of algorithms, neutrality and fairness, confidentiality of data, flexibility of configuration and integration with learning platforms. These include the explainability of solutions, especially in assessment situations, which are vital, the elimination of algorithmic biases, discrimination and "blind spots", the protection of students' personal information, the ability to adapt to different levels, subjects and pedagogical goals, seamless work in the ecosystem of digital education.

With the help of AI, evaluation has evolved from tests to intelligent analytics. In traditional methods, tests with fixed answers include essays, projects, creative assignments, oral answers, and teacher supervision. The problems are subjectivity, limited scalability, manual verification is time-consuming, and vulnerability to errors. potential. And digital assessment is computer testing as an LMS system with automatic verification, the simplest forms of task adaptation. I-assessment, in turn, contains in-depth analysis of text, speech, behavior, building cognitive and behavioral profiles, predicting learning risks and potential. Natural Language Processing (NLP), Computer vision, Machine learning and Learning Analytics, and Big Data are components of an AI evaluation system. Natural language processing (NLP) allows you to evaluate the semantic completeness of an essay, the logic of argumentation, the originality of the text (anti-plagiarism) and compliance with style and structure. Computer vision is useful for evaluating hand-written works, visual projects, and analyzing facial expressions and emotions during presentations. Machine learning is used to cluster students by type of learning, identify patterns in errors, and predict results based on incomplete data.

OpenAI, Cohere, Anthropic — models for text analysis and feedback generation, Google Cloud ML, Microsoft Azure AI — machine learning tools with visual interfaces, Moodle + AI plug-ins, Edmodo AI — LMS platforms with AI modules, custom solutions in Python using TensorFlow, PyTorch, Scikit-learn technologies and tools for evaluation using AI.Learning Analytics and Big Data allow you to analyze behavioral patterns, the dynamics of interest in topics, and the impact of various tasks on progress.

The technical architecture of the AI assessment system consists of a data source-LMS, tests, essays, audio/video, clicks, navigation, storage- a database of training samples, grades, feedback, an evaluation algorithm- trained models (for example, neural networks, decision trees, GPT), interfaces- for teachers, students, analysts Feedback is automatic, personalized, and visualized.

Here are examples of implementations and cases:

- Turnitin is a loan check and evaluation of written works;
- Gradescope is an automatic exam and homework check;
- Knewton, Smart Sparrow — adaptive educational platforms;
- Savings Class — elements of intellectual analytics in school courses;
- Yandex Textbook — simple forms of adaptation and feedback;
- PlagScan, Text.ru — automatic review of essays;
- Digital school in Kazakhstan — pilot projects to analyze student activity.

Assessment based on artificial intelligence in education (using the example of Azerbaijan) Within the framework of the Digital Skills project implemented by the Ministry of Education of the Republic of Azerbaijan, systems were tested that automatically analyze the level of knowledge of students. Higher education institutions such as ADA University and Baku Higher School of Petroleum use artificial intelligence-based systems to check written papers and detect plagiarism.

Since 2023, a number of vocational schools have started using simple AI-based platforms to evaluate tests.

Statistical description and graphs:

The year	of the School using AI (%)	The level of use of AI systems by teachers (%)
2021	12%	8%
2022	19%	15%
2023	28%	24%
2024	37%	33%

According to these data, the introduction of artificial intelligence-based assessment technologies in Azerbaijan is increasing every year.

Objectivity, speed, constant feedback, personalization, and forecasting are the advantages of AI evaluation. Accordingly, these advantages include the elimination of human bias, instant results for students and teachers, adaptation to the style and pace of learning, and identification of risk groups and talents.

And ethical aspects, algorithmic bias, distrust of teachers and insufficient technological base are the problems and limitations of AI assessment. Incomplete or unbalanced training samples can lead to distorted conclusions, fears that AI will replace humans, lack of preparation for using analytical platforms, not all regions have the Internet, devices, and LMS - these also include limitations of AI assessment.

Pilot projects with feedback from teachers and students, the creation of open and honest algorithms, the development of standards for AI assessment in education, the training of teachers in analytics and working with AI systems, and the creation of multilingual, culturally adapted models are recommendations for implementation.

Let's think about the future where AI is moving in evaluation:

- *Emotional AI — determining stress levels, engagement;
- *AI mentors — individual assistants to explain mistakes;
- *Immersive assessment — knowledge testing in simulation (VR/AR);
- *Assessment of meta—skills - creativity, critical thinking, collaboration.

AI assessment includes problems and challenges such as distrust on the part of teachers and parents, a lack of high-quality training samples for AI, difficulty in verifying the accuracy of the assessment, ethical and legal issues (for example, the right to appeal AI assessments).

The prospects for the development of AI assessment are the creation of hybrid models combining AI and human expert assessment, the development of neuropedagogic interfaces that take into account cognitive load and motivational factors, and the use of big educational data (EduData) for predictive analytics and predicting student success.

AI technologies in assessment systems do not replace the teacher, but enhance his capabilities. With proper development, ethical control and implementation, they are able to transform assessment processes, make them more flexible, accurate and useful for each participant in the educational process. AI assessment systems are not just exam automation, but a step towards a new understanding of the quality of education. They create the conditions for fair, fast and motivating feedback, as well as free teachers for more creative and humane work. The main thing is not the technology itself, but how we use it: with respect for the person, transparency and pedagogical sense.

AI assessment can find applications in new fields, such as assessing emotional intelligence, creativity, and critical thinking abilities. In addition, AI is expected to be more widely used for continuous assessment in the learning process, not just for final tests.

The introduction of AI into the competence assessment process takes time and practice. Remember that AI is a tool that complements, not replaces, your expert assessment. Regularly analyze the effectiveness of the AI assessment and be prepared to adapt your approach based on feedback from students and your own observations:

- AI can significantly improve the effectiveness and objectivity of competence assessment.
- It is important to combine I-assessment with traditional methods to achieve the best results.
- Ethical aspects and transparency of the evaluation process should be a priority when implementing AI systems.
- Continuous training and adaptation of AI systems are necessary to maintain their effectiveness.

Despite the fact that the introduction of AI in education is rapidly expanding, teachers must take measures to mitigate the negative effects of the use of AI in education. They should use AI to develop students' critical thinking and higher-level skills, as well as set transparent learning goals, implement collaborative assessment practices, and use authentic assessments.

References

1. Holmes W., Bialik M., Fadel C. Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning (2019)
2. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach (2021)

3.Luckin R. et al. Intelligence Unleashed (Pearson, 2016)

4.OECD (2021). AI and the Future of Skills

5.UNESCO (2023). Guidelines on the Ethical Use of AI in Education

Xülasə. Süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının təhsildə tətbiqi, xüsusilə qiymətləndirmə proseslərində, əənəvi yanaşmaların transformasiyasına səbəb olmuşdur. Bu məqalədə təhsil sahəsində intellektual qiymətləndirmə sistemlərinin yaradılması və tətbiqi məsələləri araşdırılır. Sİ əsaslı qiymətləndirmə sistemlərinin üstünlükləri, problemləri və tətbiq strategiyaları təhlil olunur. Məqsəd, təhsil prosesində obyektivlik, çeviklik və fərdiləşdirmə imkanlarını artırmaqla daha effektiv qiymətləndirmə mühitinin yaradılmasına töhfə verməkdir.

Açar sözlər: qiymətləndirmə metodları, rəqəmsallaşma, Süni intellekt, İntellektual qiymətləndirmə sistemləri, təhsil konteksti

Резюме. Применение технологий искусственного интеллекта (ИИ) в образовании привело к трансформации традиционных подходов, особенно в процессах оценки. В данной статье рассматриваются вопросы создания и применения систем интеллектуальной оценки в сфере образования. Анализируются преимущества, проблемы и стратегии применения систем оценки на основе Си. Цель состоит в том, чтобы способствовать созданию более эффективной оценочной среды за счет повышения объективности, гибкости и возможностей персонализации образовательного процесса.

Ключевые слова: методы оценки, оцифровка, искусственный интеллект, интеллектуальные системы оценки, образовательный контекст

AN EVALUATION OF THE INTEGRATION OF AI-POWERED VIRTUAL REALITY APPLICATIONS INTO MUSEUM EXPERIENCES

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419116>

Hasan Suleymanov

suleyhas@b-tu.de

Brandenburg Technical University (BTU)

Prof. Dipl.-Ing. Dominik Lengyel

Arch. M.Sc. Jacopo Spinelli

ABSTRACT

This study, as part of a semester module at BTU Cottbus, examines the integration of AI-powered virtual reality (VR) technologies into the museum experience. Digitalization enables museums to enhance visitor interaction, allowing them to convey the historical contexts of artifacts more effectively. In this thesis, through AI-powered VR glasses, the aim is to go beyond presenting only three-dimensional artifacts and enable visitors to experience them within their original historical contexts and spatial atmospheres. "AI-powered simulations provide a sensory journey that allows users to visualize, interact with, and immerse themselves in the past by reconstructing historical accuracy" (Ardito & Hwang, 2021). This approach aims to create an interactive learning process, replacing passive observation of art and historical artifacts.

One of the focal points of this study is how AI-supported VR technologies in museums offer visitors the opportunity to experience historical artifacts within their authentic contexts through digital reconstructions. Additionally, the effectiveness of AI-powered VR glasses in recreating historical events and spaces is discussed. Artificial intelligence allows users to visualize the past and experience historical events in real-time. As a result, the digitalization in museology is reshaping museum experiences by enabling deeper interaction between visitors and artifacts.

KEYWORDS

AI-powered VR, Virtual Time Travel, Museum Digitalization, Interactive Exhibitions, Ancient Architecture, Museum Technology Integration, Museum Experience.

1. INTRODUCTION

The rapid development of technology has introduced innovative solutions for the preservation and presentation of cultural heritage. Digitalization enhances the accessibility of museums, enabling artworks to reach a broader audience and offering alternatives to traditional exhibition methods. In this context, AI-powered virtual reality (VR) applications

allow visitors to experience historical and artistic artifacts not only as physical objects but also within the cultural and social context of their time.

In traditional museology, artifacts are protected behind glass barriers in exhibition spaces and presented to visitors. However, this method often fails to convey the full historical background and context of the artifacts. "The traditional approach to museology allows visitors to perceive objects only visually, without adequately communicating their historical and cultural contexts" (Champion, 2016). Today's understanding of museology aims to go beyond simply displaying static objects, seeking to turn the visitor into an active participant. "Modern museology adopts experiential approaches that aim for visitors to not only be observers but to engage directly with the exhibited objects" (Falk & Dierking, 2018). At this point, AI-powered VR technologies have become crucial tools for reshaping the museum experience.

Museums, particularly in Europe, are developing pilot projects for the use of digital technologies within museum spaces and integrating virtual environments with physical exhibition areas. For example, the Abguss Sammlung Museum in Berlin, which exhibits copies of Ancient Greek sculptures, has developed ideas for VR-supported virtual environments, allowing visitors to experience the original locations and functions of these works.

The Electronic Visualization and the Arts (EVA) Conference is an international event examining the interaction between art and technology. During the 2025 Berlin EVA Conference, in collaboration with BTU Cottbus-Senftenberg and the Fraunhofer H.H. Institute, various academic discussions were held on the integration of AI and VR technologies into museum experiences (See Figures 1 and 2).

This study examines the use of AI-powered VR applications in museums, exploring proposed approaches for the recreation of historical artifacts and the creation of their spatial contexts. The digital presentation of cultural heritage not only ensures that historical artifacts reach a wider audience but also enables visitors to engage more deeply with the works. "Digital technologies are transforming the museum experience by allowing visitors not just to view objects but to experience and explore them from different perspectives" (Petrelli et al., 2013). "Thanks to AI-powered VR applications, visitors can not only see the displayed objects but also fully immerse themselves in the atmosphere of the relevant time period."

In this context, the aim of the study is to discuss how AI-powered virtual reality applications can be more effectively used in museums, analyze how these technologies are transforming the visitor experience, and offer suggestions regarding the future of digitalization in museology. Through a literature review and case studies, the positioning of AI and VR technologies in museology and the potential innovations in this field will be evaluated.

2. AI-POWERED VR APPLICATIONS

2.1. Museum Experience with Digital Reconstructions

Traditional museology is based on presenting artworks and archaeological finds in physical exhibition spaces. However, this static display method may fall short of fully reflecting the historical contexts of the artifacts. In this regard, digital reconstructions and virtual reality (VR) applications deepen the museum experience by presenting historical artifacts within their original contexts.

AI-powered VR technologies not only create three-dimensional objects but also analyze spatial and historical data using AI algorithms to complete missing information. For example, only a few columns might remain from an ancient city; however, AI-powered VR systems can use archaeological and historical data to virtually reconstruct the original state of the city. This allows visitors to experience how these structures looked and were used in the past, rather than merely viewing the ruins.

Another significant contribution is the ability to present artifacts not as static objects but within a dynamic context. For example, a mosaic from the Roman period displayed in a museum may be perceived merely as stone craftsmanship on the floor. However, through AI-powered VR glasses, visitors can see the mosaic adorning the floor of a Roman villa, examine the surrounding architecture, and even observe people from that era brought to life in the virtual environment.

"AI-powered VR applications not only reconstruct historical artifacts but also allow visitors to actively engage as participants in the social and cultural context of the past" (Petrelli et al., 2013).

Ancient artworks, in particular, greatly benefit from the opportunities offered by this technology. For example, it is known that sports played a significant role in Ancient Greece; however, today, ancient athlete statues displayed in museums are often perceived merely as aesthetic objects. Thanks to AI-powered VR technologies, the original context of a statue can be brought to life, providing visitors with a more comprehensive experience. Taking the Discobolus statue as an example, when displayed in a museum, it may be perceived simply as a block of stone. However, when wearing VR glasses, visitors can see that the statue reflects the movement of an athlete in a race held at the Ancient Olympic Games in the Colosseum, experiencing the reactions of the spectators and the atmosphere of the stadium during that time (See Figure 3).

Such digital reconstructions can play a significant role not only in museums but also in archaeological excavation sites. Many archaeological sites may only show visitors the foundations of what has been excavated, but AI-powered VR technologies can recreate the historical state of these areas, providing visitors with a more holistic perspective. For example, parts of the Zeus Altar exhibited at the Pergamon Museum in Berlin have survived to the present day. However, virtual reality technologies allow visitors to visualize the original structure and the purpose of the altar.

"AI-powered virtual reconstructions not only create visual representations of historical structures and artifacts but also reveal their construction processes, usage patterns, and changes over time" (Nguyen & Moore, 2020, pp. 85-88).

Furthermore, AI-powered VR technologies have become essential tools for researchers specializing in various disciplines. Archaeologists, art historians, and architects can use these systems to test reconstructions of historical structures, fill in missing information, and conduct virtual restoration work on buildings. These technologies developed for museum visitors also contribute significantly to academic research.

In conclusion, the use of AI-powered VR technologies in digital reconstructions in museums not only enhances the visual aesthetics of the displayed artifacts but also reconstructs their historical contexts, providing visitors with a more comprehensive and interactive experience. This technology transcends the traditional boundaries of museology, transforming historical artifacts and spaces into living, discoverable environments.

2.2. Interactive Seminar and Conference Experience with VR

AI-powered VR glasses are also transforming the experience of seminars and events held in museums. For example, a museum visitor's ability to immerse themselves in a historical event could be made possible through VR technology.

"The use of artificial intelligence in virtual reality environments allows users to experience historical events as if they were actually there and provides a form of 'time travel' through interactive digital spaces" (Ardito & Hwang, 2021, pp. 123-125).

Virtual reality environments are used not only to experience historical events but also to enhance the perception of virtual spaces. Yildirim and Demirarslan (2019) state that three-dimensional virtual spaces can be experienced in two different ways: "This experience can occur within the computer environment, at the scale of the computer, or, with the help of elements like virtual glasses, it can be experienced at the real scale of the space" (Yildirim & Demirarslan, 2019).

In this context, VR technology allows seminar and conference settings within a museum to transcend the boundaries of physical space, offering participants an experience at the real scale of the space. For instance, an academic discussion set in an Ancient Roman forum could be held not just through narration but by actually being present within the virtual space. This offers the audience a more realistic and immersive learning experience.

Additionally, during a seminar held at the Abguss Sammlung, the existing perception of space can be enriched with a virtual environment, integrating a life-sized, fully modeled version of the iconic entrance gate of Petra into the seminar room. In this way, participants can not only watch an academic presentation but also step into the entrance of Petra, experiencing the atmosphere where Ancient Roman and Nabatean architecture converge firsthand (See Figure 4).

3. VIRTUAL TIME TRAVEL AND ARCHITECTURAL EXPERIENCE

To elevate the museum experience, virtual environments can be created in the backyards of museums. With AI-powered VR glasses, historical cities, such as the city of Pergamon, can be brought to life, offering visitors a tour experience within the atmosphere

of that era (See Figure 5). "VR systems integrated with AI provide an immersive form of time travel, allowing users to virtually see and interact with artifacts and scenes from the past" (Garcia & Nelson, 2023, pp. 105-108).

This technology can model not only architectural elements but also show how social and cultural aspects evolved over time. For example, when using a VR headset in a city square, not only the buildings but also the clothing styles of people, the modes of transportation used, and even billboards can be displayed in accordance with the era they belong to. In this way, visitors can experience not just spatial transformation but also social and cultural change (See Figure 6).

In this context, augmented reality (AR) technologies also make significant contributions to virtual time travel. "With GoArt, users can travel through time by switching between the physical universe and the Metaverse, experiencing the digital twins of objects, people, and cities in their current location without needing any additional hardware" (Webrazzi, 2021).

Such technologies can bring a new dimension to museum and cultural heritage experiences by enabling the revitalization of historical contexts independent of physical spaces. In particular, visitors can explore different time periods using augmented reality applications, observing the historical changes of cities regardless of their location. In this way, an experience that goes beyond the museum walls is provided, allowing for the dynamic and interactive rediscovery of the past.

4. CONCLUSION

The museum experience is evolving from traditional display methods to an interactive and dynamic structure supported by digital technologies. Artificial intelligence (AI)-assisted virtual reality (VR) applications not only present visual representations of historical artifacts and spaces but also enable their re-creation within their original contexts. Through these technologies, visitors are able to experience artifacts not just as static objects but alongside the cultural and social fabric of the period they belong to.

The integration of AI and VR technologies transforms the museum experience, allowing visitors to move from passive observers to active participants who can immerse themselves in historical events and spaces. For example, the statue of Discobolus, an Ancient Greek athlete, can be re-experienced not only as a physical artwork but as a dynamic figure reflecting the movement of an athlete in an ancient Olympic race at the Colosseum. Similarly, through virtual reconstructions, ancient cities, lost architectural structures, and historical scenes can be rediscovered in their past form.

Moreover, VR-supported seminars and conferences allow academic discussions to transcend the physical boundaries of spaces, offering participants the opportunity to step directly into historical contexts. For instance, in a museum seminar, a fully modeled version of the entrance gate of Petra can be virtually recreated, giving participants the feeling of

physically being there. These innovative applications hold significant potential in the fields of education and research.

The capabilities provided by AI-assisted VR applications demonstrate that digitization in museums is not merely a trend, but a profound transformation in the preservation and presentation of cultural heritage. As more museums and cultural institutions adapt to these technologies over time, visitor experiences will become more inclusive, interactive, and educational.

In conclusion, the use of AI and VR technologies in museums not only changes the way artifacts are displayed but also enables a deeper exploration of historical and cultural contexts. In the future, with the further development of these technologies, museums will have the potential to offer visitors an entirely immersive time travel experience that goes beyond physical spaces. In this context, AI-assisted virtual reality applications are becoming a fundamental tool in the preservation and transmission of cultural heritage, evolving from a supplementary element to a central instrument in museum practices.

REFERENCES

- Ardito, G., & Hwang, J. (2021). Artificial Intelligence, Digitality, and Culture. *EVA Berlin Conference Proceedings*, 130-133.
- Champion, E. (2016). Critical Approaches to Digital Cultural Heritage. *Routledge*, 45-67.
- Falk, J., & Dierking, L. (2018). The Museum Experience Revisited. *Routledge*, 88-112.
- Garcia, J., & Nelson, A. (2023). Virtual Time Travel: Enhancing Museum Experiences with AI and VR. *Journal of Cultural Heritage Technology*, 105-108.
- Nguyen, T., & Moore, R. (2020). Immersive Learning in Cultural Heritage: The Role of VR and AI. *International Journal of Heritage Studies*, 85-88.
- Petrelli, D., P. A. M. R. Ziemer, and J. J. Lee. (2013). *Designing for the Museum Experience: The Role of Digital Technologies*. Museum Management and Curatorship, 200-220.
- Yıldırım, S., & Demirarslan, A. (2019). Sanal Gerçeklik ve Müze Deneyimi: Dijital Canlandırmanın Rolü. *Journal of Virtual Reality and Broadcasting*, 45-60.

Institutional Websites

Abguss-Sammlung Antiker Plastik Berlin: <https://www.abguss-sammlung-berlin.de/>

BTU Cottbus-Senftenberg: <https://www.b-tu.de/fg-architektur-und-visualisierung/>

EVA Berlin Konferansı: <https://eva-berlin-conference.de/en/about-us/>

Fraunhofer-Gesellschaft: <https://www.fraunhofer.de/>

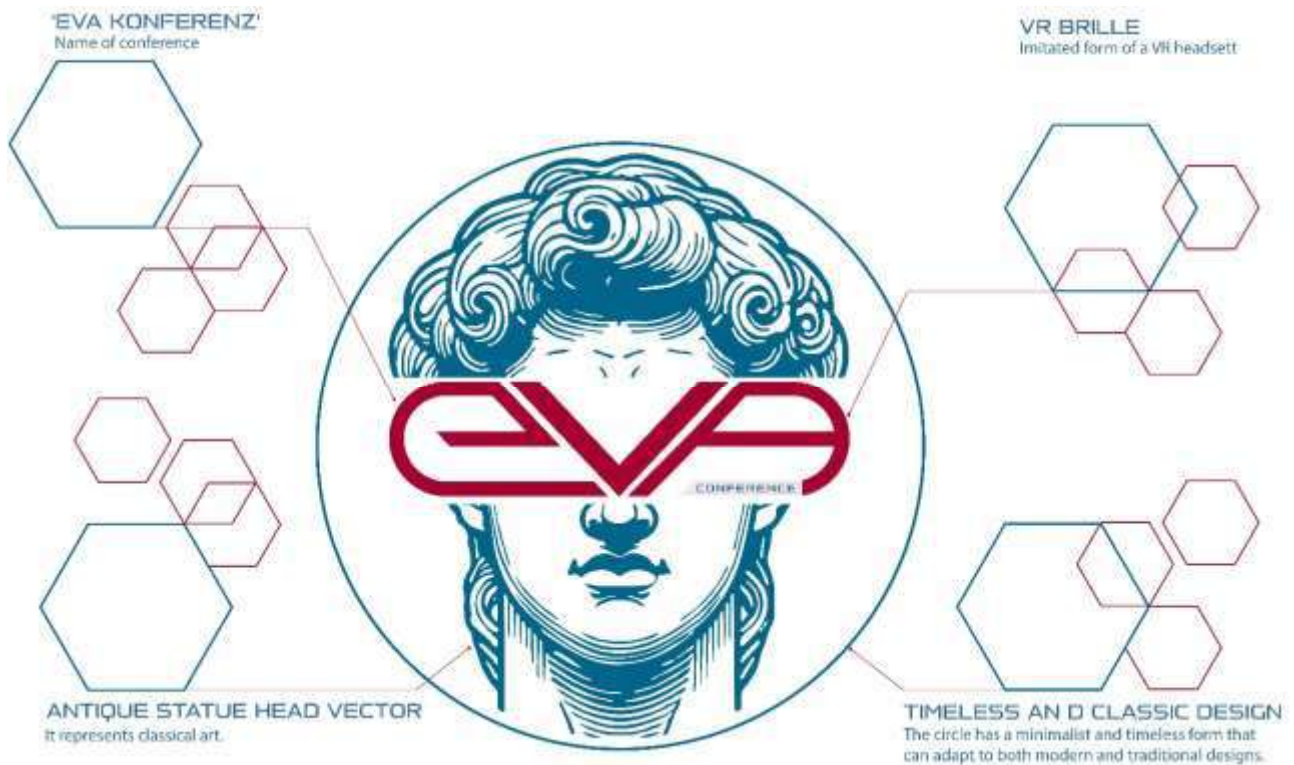
Appendices

Figure 1. Logo design created by the author for EVA 2025 Berlin.

Design: M.Sc. Candidate Hasan Suleymanov, BTU Cottbus-Senftenberg, WiSe 24/25

Prof.: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dominik Lengyel

Teaching Assistant: Arch. M.Sc. Jacopa Spinelli



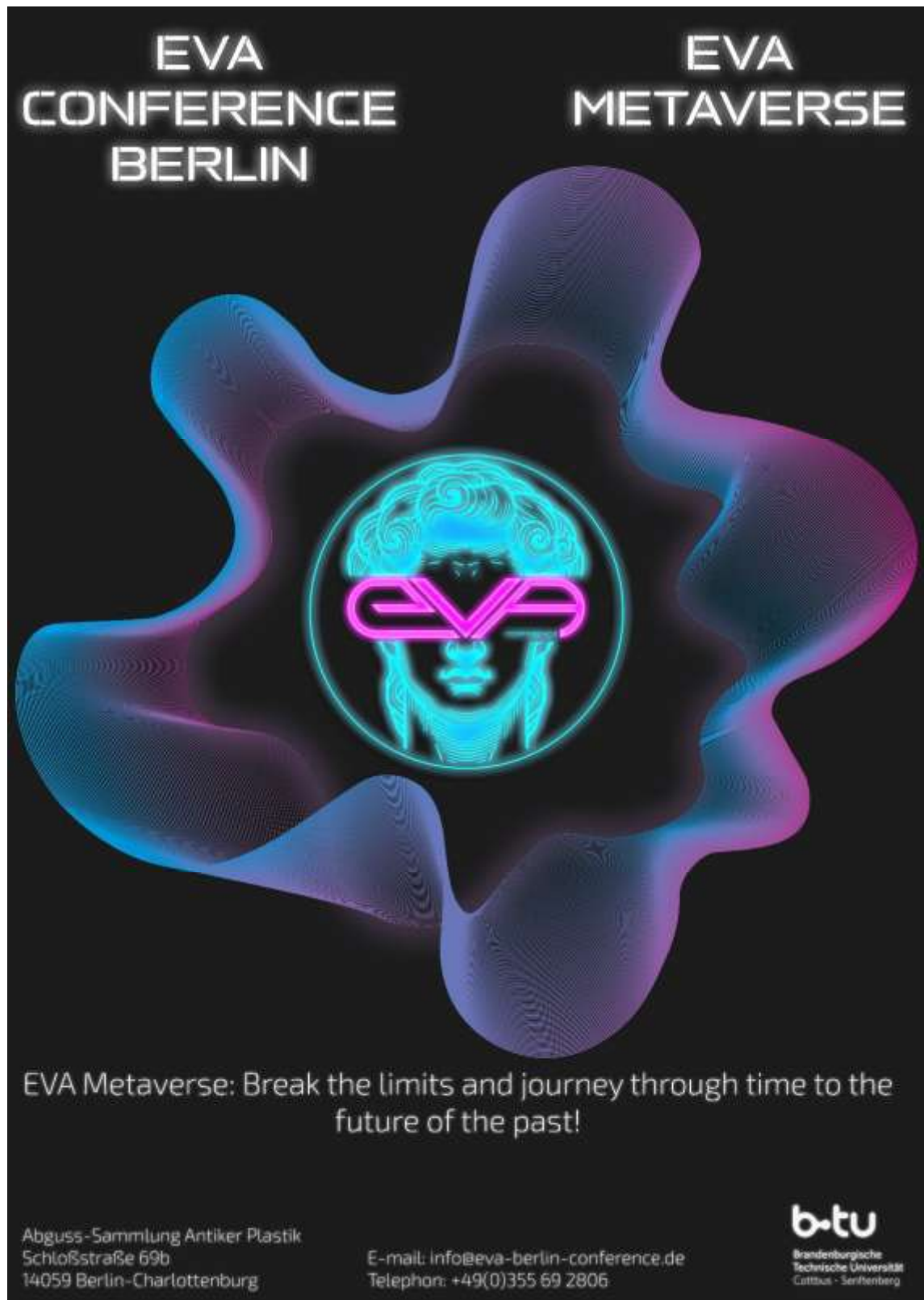
Tools Used: Infinite Painter ve Adobe Illustrator.

Figure 2. Poster design by the author for EVA Metaverse.

Design: M.Sc. Candidate Hasan Suleymanov, BTU Cottbus-Senftenberg, WiSe 24/25

Prof.: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dominik Lengyel

Teaching Assistant: Arch. M.Sc. Jacopa Spinelli



Tools Used: Adobe Illustrator ve Adobe Photoshop.

Figure 3. The AI-assisted VR visualization of the ancient Discobolus statue in the Colosseum atmosphere during the Ancient Olympic Games.

Design: M.Sc. Candidate Hasan Suleymanov, BTU Cottbus-Senftenberg, WiSe 24/25

Prof.: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dominik Lengyel

Teaching Assistant: Arch. M.Sc. Jacopa Spinelli



AI Tools Used: Openai.com ve Krea.ai

Prompt: Create a realistic 3D-rendered scene for VR, featuring the Discobolus (Discus Thrower) sculpture in its original, fully painted form. The sculpture should be vividly colored, with naturalistic skin tones, vibrant drapery in rich hues, and detailed textures, capturing the dynamism and energy of the figure. Place the sculpture in the Colosseum, with the grand stone arches and arena as the background. The atmosphere should evoke the feeling of the ancient Olympic Games, with a warm, sunlit ambiance and an energetic, historical setting. Include subtle effects like dust in the air, dynamic lighting, and shadows to create a lifelike and immersive experience, as if witnessing the scene unfold in the midst of ancient competition.

Figure 4. The seminar room of the Abguss Sammlung Museum is experienced in the atmosphere of the ancient city of Petra with the assistance of AI-assisted VR glasses.

Design: M.Sc. Candidate Hasan Suleymanov, BTU Cottbus-Senftenberg, WiSe 24/25

Prof.: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dominik Lengyel

Teaching Assistant: Arch. M.Sc. Jacopa Spinelli



AI Tools Used: Openai.com ve Krea.ai

***Prompt:** Create a museum seminar room with an immersive atmosphere as if the user is standing in front of the entrance gate of the ancient city of Petra, using AI-powered VR glasses. The room should have rows of chairs arranged neatly. The stage should feature the impressive, historic entrance gate of Petra. While seated in the seminar room, users should be able to see the detailed structures of Petra and explore the surroundings. The atmosphere of the room should be visually striking and immersive, reflecting the history and architecture of Petra.*

Figure 5. *The image of the ancient form of the city of Pergamon, viewed with the assistance of AI-assisted VR glasses.*

Design: M.Sc. Candidate Hasan Suleymanov, BTU Cottbus-Senftenberg, WiSe 24/25

Prof.: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dominik Lengyel

Teaching Assistant: Arch. M.Sc. Jacopa Spinelli



AI Tools Used: Openai.com ve Krea.ai

Prompt: Create a 3D-rendered VR experience set in the heart of ancient Bergama, showcasing its historic architecture and cultural richness. The scene should be a detailed representation of the city during its prime, with monumental structures like the ancient theater, temples, and the famous altar of Zeus, along with cobbled streets and ancient market areas. When viewed through VR goggles, the user should feel as though they are transported back in time, walking through the city as it looked centuries ago. Include immersive details such as people dressed in period-appropriate attire, traders in the market, and the sounds of the bustling city. The atmosphere should reflect the vibrancy of ancient Bergama, with natural lighting and soft shadows to evoke the feeling of a sunlit day in antiquity. Include dynamic elements like wind moving through the streets or subtle crowds to further enhance the experience.

Figure 6. Experiencing the historical atmosphere of Dresden's city square with the assistance of AI-assisted VR glasses.

Design: M.Sc. Candidate Hasan Suleymanov, BTU Cottbus-Senftenberg, WiSe 24/25

Prof.: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dominik Lengyel

Teaching Assistant: Arch. M.Sc. Jacopa Spinelli



AI Tools Used: Openai.com ve Krea.ai

Prompt: Create a 3D-rendered VR experience set in Dresden during the early 1800s, just before the Industrial Revolution and wars. The city should showcase its historical charm, with classical architecture, cobble streets, and elegant buildings such as the Zwinger Palace, Frauenkirche, and the Semper Opera House in their original form. The streets should be lively, with horse-drawn carriages, people in period clothing, and bustling market stalls. The environment should capture the essence of pre-war Dresden, with soft lighting reflecting the natural ambiance of the time, such as daylight filtered through mist or fog, giving a slightly nostalgic, old-world feel. Include subtle sounds like the clapping of horse hooves, street vendors calling out, and distant chatter. The VR experience should evoke a sense of being in a city at the peak of its cultural and architectural glory, just before the changes of the coming century.

RƏQƏMSAL DÖVR İNFORMASIYA TEXNOLOGİYALARININ CƏMIYYƏTƏ VƏ BİZNESƏ TƏSİRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419169>

Fidan ƏSGƏRZADƏ

fidan.esgerova.871@gmail.com

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Xülasə:

Rəqəmsal dövr məlumatın elektron formada işlənməsi, saxlanması, paylaşılması və analizi ilə əlaqədar texnologiyaların həyatımızda dominant hala gəldiyi bir mərhələdir. Bu dövr, xüsusən 20-ci əsrin ikinci yarısından başlayaraq daha da sürətlənmiş və informasiya texnologiyalarının inkişafı ilə bağlı böyük dəyişiklikləri özündə əks etdirir. Rəqəmsal dövrün növbəti mərhələləri 5 G texnologiyası, blokçeyn, kvant kompüterləri, virtual və artırılmış reallıq kimi yeni sahələrin inkişafı ilə bağlıdır. Rəqəmsal texnologiyalar bizneslərin qlobal bazarda daha güclü rəqabət aparmalarına şərait yaradır. İnternet sayəsində kiçik müəssisələr belə qlobal müştəri bazasına xidmət edə bilir. Eyni zamanda, rəqəmsal transformasiya ilə bizneslər daha çox məlumat əldə edə bilir və bu məlumatları analiz edərək qərar qəbul etmə proseslərini təkmilləşdirirlər. Yeni kommunikasiya vasitələri, xüsusən də rəqəmsal dövrün gətirdiyi innovasiyalar və texnologiyalar nəticəsində sürətlə inkişaf etməkdədir. Bu inkişaf, insanların bir-birilə əlaqə qurma tərzini, məlumatın yayılma sürətini və əhatə dairəsini əhəmiyyətli dərəcədə dəyişib.

Açar sözlər: İnformasiya texnologiyaları, rəqəmsal texnologiyalar, 5 G texnologiyası, süni intellekt, bulud xidmətləri, rəqəmsal marketing.

Rəqəmsal dövr məlumatın elektron formada işlənməsi, saxlanması, paylaşılması və analizi ilə əlaqədar texnologiyaların həyatımızda dominant hala gəldiyi bir mərhələdir. Bu dövr, xüsusən 20-ci əsrin ikinci yarısından başlayaraq daha da sürətlənmiş və informasiya texnologiyalarının inkişafı ilə bağlı böyük dəyişiklikləri özündə əks etdirir [1]. Rəqəmsal dövrün başlanğıcı, 20-ci əsrin ortalama, xüsusən də 1940-1950-ci illərə təsadüf edir. Bu dövrün əsas hadisələrindən biri kompüter texnologiyalarında ilk addımların atılmasıdır. İnformasiya texnologiyalarının ilk mərhələsi, əsasən analog sistemlərdən rəqəmsal sistemlərə keçid dövrü ilə bağlıdır. İnformasiya texnologiyalarının inkişafı müxtəlif mərhələlərdən keçmişdir [1].

Erkən istifadə dövrü (1940-1970-ci illər) əsasən kompüterlərin və informasiya sistemlərinin ilk tətbiq sahələrinin inkişafı ilə xarakterizə olunur. Kompüterlər yalnız böyük şirkətlər və elmi tədqiqat mərkəzləri tərəfindən istifadə olunurdu. Bu inkişaf arasında kompüterlərin inkişafı və verilənlər bazası sistemləridir ki, dövrümüzə qədər nüfuz etmişdir [1].

Şəbəkə inkişafı və internetin təsisi 1980-ci illərin ortalarında personal kompüterlər (PC) inkişaf etməyə başladı. Kompüterlər artıq daha çox fərdi istifadəçilər tərəfindən əldə edilərək və gündəlik həyatın bir hissəsinə çevrilirdi [1].

Rəqəmsal innovasiya və bulud hesablama 2000-ci illərin əvvəllərində mobil texnologiyalar, bulud hesablama və sosial media kimi yeni texnologiyalar həyatımıza daxil oldu. Bunlara mobil telefonlar və smartfonlar, bulud hesablama, sosial media və rəqəmsal platformalar, suni intellekt və maşın öyrənmə aiddir [2].

Rəqəmsal dövrün növbəti mərhələləri 5 G texnologiyası, blokçeyn, kvant kompüterləri, virtual və artırılmış reallıq kimi yeni sahələrin inkişafı ilə bağlıdır [1].

Cəmiyyət və biznes üçün müasir texnologiyalar böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu texnologiyalara iqtisadi inkişaf və yeniliklər, effektivlik və səmərəlilik, təhsil və işin yaradılması, risklərin idarə edilməsi və təhlükəsizliyi və s. aiddir [1].

İqtisadi inkişaf və yeniliklər texnologiyaları iqtisadi inkişafı sürətləndirir, yeni bazaları və iş imkanlarını yaradır. Yaradıcı işlər, yeni məhsul və xidmətlər bizneslərə daha çox gəlir gətirə bilər.

Effektivlik və səmərəlilik texnologiyası iş proseslərini daha sürətli və səmərəli etmək üçün istifadə olunur. Məsələn, bulud xidmətləri, layihə idarəetmə alətləri və ERP (Enterprise Resource Planning) proqramları şirkətlərin resurslarını optimallaşdırmağa kömək edir.

Təhsil və işin yaradılması texnologiyaları yeni iş sahələri və peşələr yaradır. Məsələn, süni intellekt, məlumat analizi, proqramlaşdırma və rəqəmsal marketing kimi sahələrdə ixtisaslaşmış işçilərə olan tələbat artmaqdadır.

Risklərin idarə edilməsi və təhlükəsizliyi texnologiyaları şirkətlərin riskləri daha yaxşı idarə etməsinə və məlumat təhlükəsizliyini təmin etməsinə kömək edir.

Rəqəmsal texnologiyaların həmçinin cəmiyyət və biznes həyatına təsiri olduqca dərin və genişdir. Bu təsirlər həm müsbət, həm də mənfi cəhətlərə sahib olmaqla yanaşı, sosial strukturlar, iqtisadiyyat, iş dünyası, təhsil və hətta gündəlik həyat üzərində böyük dəyişikliklərə səbəb olmuşdur [2].

Rəqəmsal texnologiyalar informasiya əldə etmə və paylama proseslərini sürətləndirmişdir. İnternet, sosial media və mobil tətbiqlər cəmiyyətin qlobal miqyasda bir-birinə bağlı olmasına imkan verir. Bu texnologiyalar vasitəsilə insanlar müxtəlif mədəniyyətləri və görüşləri asanlıqla kəşf edir, paylaşır və müzakirə edirlər. Sosial mediadan istifadənin artması ilə insanlar daha çox virtual mühitdə əlaqə qurmağa başlayıblar. Bu, cəmiyyətin sosial strukturunda dəyişikliklərə səbəb olub, insanlar daha çox onlayn əlaqələrə üstünlük verməyə başlamışlar. Bəzi hallarda, bu, ünsiyyətin fiziki dünyadan daha çox virtual dünyada baş verməsinə yol açır. Rəqəmsal texnologiyalar mədəniyyətin yayılmasına və müxtəlif mədəniyyətlərin bir-biri ilə qarşılıqlı təsirinə imkan yaratmışdır. Eyni zamanda, təhsil sahəsində rəqəmsal vasitələr, onlayn tədris, açıq dərs materialları və resursları, həmçinin tələbələrə qlobal miqyasda təhsil almağa imkan verir. Bu texnologiyalar bizneslərin iş proseslərini daha effektiv və səmərəli hala gətirir. Avtomatlaşdırılmış sistemlər, süni intellekt və bulud texnologiyaları vasitəsilə şirkətlər işlərini daha sürətli və daha az resurs sərf edərək həyata keçirə bilirlər. Texnologiyaların inkişafı ilə yeni iş modelləri ortaya çıxıb. Məsələn, "onlayn ticarət" (e-commerce) və "gig economy" (müvəqqəti işlər) kimi sahələr iş dünyasında böyük dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Bu yeni iş modelləri şirkətlərə daha çevik olmağı və daha geniş müştəri bazasına xidmət etməyi mümkün etmişdir [2].

Rəqəmsal texnologiyalar bizneslərin qlobal bazarda daha güclü rəqabət aparmalarına şərait yaradır. İnternet sayəsində kiçik müəssisələr belə qlobal müştəri bazasına xidmət edə bilər. Eyni zamanda, rəqəmsal transformasiya ilə bizneslər daha çox məlumat əldə edə bilər və bu məlumatları analiz edərək qərar qəbul etmə proseslərini təkmilləşdirirlər. Rəqəmsal texnologiyalar marketinq sahəsində böyük dəyişikliklərə səbəb olub. Sosial media, SEO (axtarış mühərriki optimallaşdırması), e-mail marketinq və digər rəqəmsal alətlər, şirkətlərin müştəriləri ilə daha yaxın əlaqə qurmasına və onlara fərdi təkliflər təqdim etməsinə imkan yaratmışdır. Rəqəmsal texnologiyaların iş gücünə təsiri ikiqatdır. Bir tərəfdən, texnologiyalar işçilərin iş yerində daha çevik olmasına və uzaqdan işləməyə imkan verir. Digər tərəfdən, avtomatlaşdırma və süni intellekt müəyyən işlərin insanların yerinə avtomatik şəkildə görülməsinə səbəb olaraq bəzi iş növlərinin azalmasına gətirib çıxarır. Texnologiyaların inkişafı bəzi sektorlarda işsizlik və sosial qeyri-bərabərliyə səbəb ola bilər. Avtomatlaşdırma və süni intellekt bir çox insan iş yerini itirməsinə yol açır. İnternetin geniş yayılması ilə şəxsi məlumatların təhlükəsizliyi məsələsi ön plana çıxmışdır. Hacker hücumları, məlumat sızıntıları və şəxsi məlumatların qeyri-qanuni şəkildə istifadəsi insanların özəl həyatını təhdid edir. Uzun müddət rəqəmsal texnologiyalardan istifadənin bəzi psixoloji və sosial təsirləri ola bilər. İnsanlar daha çox virtual əlaqələr qurduqda, sosial bacarıqlarının zəifləməsi, depressiya və sosial izolyasiya kimi problemlər meydana çıxır [2]. İnternetin yayılması, xüsusilə son 20 ildə çox sürətlənib. 2000-ci illərin əvvəllərində yalnız inkişaf etmiş ölkələrdə geniş internet istifadəsi mövcuddursa, sonrakı illərdə internetin inkişaf etməkdə olan ölkələrdə

də yayılması baş verdi. 2010-cu illərin sonlarına doğru internetin istifadəsi global miqyasda çoxalmağa başladı. Bəzi məlumatlara görə, 2023-cü ildə dünya üzrə internet istifadəçilərinin sayı 5 milyarddan çox olmuşdur. İnternetin geniş yayılması, həyatın bir çox sahəsini köklü şəkildə dəyişdi. İnternet sayəsində insanlar artıq fiziki məkanlardan asılı olmayaraq məlumat əldə edə, əlaqə quraraq işlərini davam etdirə, əylənə və alış-veriş edə bilirlər. Mobil telefonların tarixi 20-ci əsrin ortalarına gedib çıxsada, son 15 ildə mobil texnologiyalar bir çox insanın gündəlik həyatının ayrılmaz hissəsinə çevrilmişdir. İlk sadə mobil telefonlardan, ağıllı telefonlara (smartfonlara) keçid böyük bir texnoloji inqilab yaratdı. 2000-ci illərin əvvəlində "GPRS" və "EDGE" kimi texnologiyaların inkişafı ilə mobil internetin istifadəsi artmağa başladı. 2007-ci ildə Apple şirkətinin iPhone telefonunu təqdim etməsi ilə mobil telefonlar sadəcə zəng etmək üçün deyil, çoxsaylı rəqəmsal xidmətlər üçün əsas platforma oldu. İnternetin mobil versiyası, smartfonlar və digər mobil cihazlar vasitəsilə həyatımıza daxil oldu. 4G və 5G texnologiyalarının inkişafı ilə mobil internetin sürəti və əhatəsi çoxalaraq, insanlar artıq yüksək keyfiyyətli video izləyə, onlayn oyunlar oynaya və sosial şəbəkələrdə aktiv şəkildə iştirak edə bilirlər. İnternet və mobil texnologiyaların birləşməsi, əslində "mobil internet" adlanan yeni dövrü yaradır. Bu, insanların istənilən yerdə və istənilən vaxtda onlayn olmasına imkan verir. Bu birləşmə ilə yanaşı, müxtəlif mobil platformalar (Instagram, WhatsApp, Facebook və s.) insanların daha çox əlaqə qurmasına, məlumat paylaşmasına və fəaliyyət göstərməsinə şərait yaradır.

Son illər ərzində kommunikasiya vasitələri sürətlə inkişaf edərək cəmiyyətin müxtəlif sahələrinə əhəmiyyətli təsir göstərmişdir. Rəqəmsal texnologiyaların və internetin inkişafı ilə yanaşı, mobil texnologiyalar, sosial media platformaları və süni intellekt kimi yeni vasitələr gündəlik həyatımızda və iş dünyasında yeni dövrün başlanğıcını qoymuşdur. İnsanların bir-birilə əlaqə qurma tərzini, texnologiyanın inkişafı ilə zamanla dəyişmişdir. Əvvəllər insanların əsas ünsiyyət formaları sözlü və yazılı kommunikasiya vasitələri ilə məhdudlaşır. Məsələn, poçt sistemləri və telefonlar ənənəvi kommunikasiya üsulları idi. Lakin 21-ci əsrdə internetin yayılması, mobil texnologiyaların inkişafı və rəqəmsal alətlərin müxtəlifliyi ilə kommunikasiya formaları dəyişərək daha sürətli, daha effektiv və daha geniş miqyaslı oldu.

Sosial media platformaları, insanların ünsiyyət qurma tərzini tamamilə dəyişdirib. Facebook, Instagram, Twitter, TikTok və digər sosial şəbəkələr insanların bir-biri ilə əlaqə qurma, məlumat paylaşma, öz fikirlərini ifadə etmə və müxtəlif mədəniyyətlərlə qarşılıqlı təsir girmə üsulunu dəyişdirmişdir. Eyni zamanda, sosial media platformaları həm də bizneslər üçün müştərilərlə əlaqə qurma, markalarını tanıdma və yeni müştəri bazaları əldə etmə imkanı yaratmışdır. Bu platformalar həm fərdi şəxslər, həm də şirkətlər üçün marketinq, reklam və əlaqə qurma vasitələrinə çevrilmişdir. Ənənəvi

reklam metodlarından fərqli olaraq, sosial media daha fərdiləşdirilmiş və hədəf kütləsinə yönəlmiş reklam imkanları təqdim edir.

Mobil telefonlar, yalnız zəng etmək üçün deyil, həm də məlumat əldə etmək, sosial şəbəkələrdə aktiv olmaq, onlayn alış-veriş etmək, video zənglər etmək və hətta müxtəlif işlər görmək üçün istifadə olunur. Mobil texnologiyaların inkişafı ilə insanlar yalnız bir məkanda deyil, istədikləri yerdə işlərini idarə edə bilirlər. Eyni zamanda, müxtəlif mobil tətbiqlər, məsələn, bankçılıq, nəqliyyat, əyləncə və təhsil sahələrində insanların gündəlik həyatını asanlaşdırmışdır [5].

Süni intellekt (AI) və chatbotlar da yeni kommunikasiya vasitələrinə daxil olmuşdur. Süni intellekt sistemləri müştəri xidmətləri, marketinq və müxtəlif sahələrdə istifadə edilərək daha sürətli və effektiv ünsiyyət qurma imkanı verir. Chatbotlar, müştərilərlə əlaqə qurma, məlumat təqdim etmə və suallara cavab vermə funksiyalarını avtomatlaşdıraraq, iş dünyasında böyük rahatlıq təmin edir.

Pandemiya dövrü videokonfransların və uzaqdan işin populyarlaşmasına səbəb oldu. Zoom, Microsoft Teams, Google Meet kimi platformalar, işçilərin uzaqdan işləməsi və müxtəlif toplantıların keçirilməsi üçün istifadə olunur. Bu alətlər həm də təhsil sahəsində, tələbələrin onlayn dərslərə qatılması və müəllimlərlə əlaqə saxlaması üçün vacib rol oynayır. Videokonfranslar həmçinin sosial əlaqələrin gücləndirilməsi və ailə üzvləri ilə uzaqdan əlaqə saxlamaq üçün geniş istifadə olunur. Yeni kommunikasiya vasitələri, insanların sosial əlaqələrini daha interaktiv və sürətli hala gətirmişdir. İnternet və sosial media sayəsində insanlar dünyada istənilən yerdən əlaqə qura bilər, dostları və ailə üzvləri ilə asanlıqla əlaqədə ola bilirlər. Həmçinin, bu texnologiyalar müxtəlif mədəniyyətləri tanımağa və insanlar arasında mədəni inteqrasiyanı təşviq etməyə imkan verir.

Yeni kommunikasiya vasitələri, xüsusən də rəqəmsal dövrün gətirdiyi innovasiyalar və texnologiyalar nəticəsində sürətlə inkişaf etməkdədir. Bu inkişaf, insanların bir-birilə əlaqə qurma tərzini, məlumatın yayılma sürətini və əhatə dairəsini əhəmiyyətli dərəcədə dəyişib. Bu kommunikasiya vasitələrini və onların inkişafını bir neçə əsas istiqamətdə nəzərdən keçirə bilərik:

1. İnternetin İnkişafı

İnternetin inkişafı, yeni kommunikasiya vasitələrinin yaranmasında ən mühüm rol oynayan amildir. 1990-cı illərdən başlayaraq internetin geniş yayılması, müxtəlif xidmətlər və tətbiqlər üçün əsas bazanı formalaşdırıb. Bununla yanaşı, internetin sürətli və genişlənmiş əlaqə imkanları, müxtəlif sosial şəbəkə platformalarının və tətbiqlərinin yaranmasına səbəb olub. Sosial şəbəkə platformalarına Facebook, Instagram, Twitter, TikTok kimi sosial şəbəkələr, insanların əlaqə qurma üsulunu dəyişdirib. Bu

platformalar, yalnız dostlarla və yaxınlarla əlaqəni deyil, həm də daha geniş bir cəmiyyətlə əlaqə qurma imkanları yaratdı. Eyni zamanda, müəssisələr və təşkilatlar üçün yeni marketing və reklam kanalları təmin etdi. Mobil tətbiqlərə WhatsApp, Telegram, Facebook Messenger kimi tətbiqlər, real vaxtda mətn, şəkil, video və səsli mesajların göndərilməsini mümkün etdirdi. Bu tətbiqlər, insanların gündəlik həyatında kommunikasiya prosesini daha sürətli və daha asan etdi [3].

2. Mobil Texnologiyalar və 5G

Mobil telefonlar, ən əsas kommunikasiya vasitələrindən biri halına gəlib. 5G texnologiyasının inkişafı, daha sürətli məlumat ötürülməsi və daha stabil əlaqələr təklif edir. Bu, internetin daha keyfiyyətli istifadə olmasını və mobil cihazlar vasitəsilə daha müasir kommunikasiya metodlarını inkişaf etdirir [3].

Video zənglər və konfranslara mobil cihazlarda video zənglər və onlayn konfranslar, xüsusilə COVID-19 pandemiyasından sonra daha geniş yayılmağa başladı. Zoom, Skype, Google Meet kimi tətbiqlər, insanları fiziki məsafədən asılı olmayaraq bir araya gətirir.

Mikrobloglar və Canlı Yayım: Twitter və TikTok kimi platformalarda mikrobloglama və canlı yayım imkanları, şəxsi fikirlərin və məlumatların sürətlə yayılmasına səbəb olub. Həmçinin, bu platformalarla insanlar gündəlik həyatlarını daha interaktiv və vizual şəkildə paylaşırlar.

İnternet və mobil texnologiyalar iş dünyasında çevikliyi artırmış, şirkətlərə daha sürətli və daha səmərəli şəkildə müştərilərlə əlaqə qurmağa, məhsul və xidmətlərini təqdim etməyə imkan yaratmışdır. Eyni zamanda, rəqəmsal marketing, sosial media reklamları və e-ticarət kimi yeni biznes modelləri bizneslərin inkişafına təkan verib. Şirkətlər həmçinin uzaqdan iş imkanları yaradır, işçilər video konfranslar vasitəsilə global əməkdaşlarla asanlıqla əlaqə qururlar. Təhsil sahəsində, yeni kommunikasiya vasitələri müəllimlər və tələbələr arasında əlaqə qurmağı asanlaşdırmışdır. Onlayn təhsil platformaları və virtual siniflər, tələbələrə dünya miqyasında təhsil almaq imkanı yaratmışdır. Eyni zamanda, təhsil resurslarının asanlıqla əldə edilməsi, təhsil prosesinin daha əlçatan olmasına səbəb olmuşdur.

Yeni kommunikasiya vasitələri ilə yanaşı, bəzi çətinliklər və risklər də mövcuddur ki, buda internetdə gizlilik məsələləri, şəxsi məlumatların təhlükəsizliyi, kiber hücumlar və sosial medianın mənfi təsirləri bu risklərə misaldır. Sosial medianın insanların psixologiyasına və sosial əlaqələrinə təsiri də bəzi hallarda mənfi ola bilər. Buna görə də, yeni kommunikasiya vasitələrinin inkişafı ilə yanaşı, təhlükəsizlik və etik məsələlərin də diqqətlə idarə olunması vacibdir [4].

Nəticə:

Yeni kommunikasiya vasitələrinin inkişafı, texnologiyanın sürətli irəliləməsi ilə əlaqədar olaraq insan həyatının hər sahəsində öz təsirini göstərir. İnsanlar daha sürətli və daha effektiv şəkildə əlaqə qurur, məlumatlar daha geniş auditoriyaya yayıla bilər, eyni zamanda həm şəxsi, həm də peşəkar həyat daha dinamik və inteqrasiya olunmuş şəkildə davam edir. Rəqəmsal kommunikasiya vasitələrinin gələcəkdə daha da inkişaf edəcəyi və daha innovativ həllərin ortaya çıxacağı gözlənilir.

Ədəbiyyat:

1. **Əsədov, H. (2020).** *Rəqəmsal İqtisadiyyat və İnformasiya Texnologiyaları*. Bakı: Təhsil nəşriyyatı.
2. **[Uriel Haran](#), [Ilana Ritov](#), [Barbara A. Mellers](#)** The Role of Actively Open-Minded Thinking in Information Acquisition, Accuracy, and Calibration May 2013 **[Judgment and Decision Making](#)** 8(3):188-201
3. **Deloitte Insights** (2020). "The digital business model: How the future of business is changing." *Deloitte*.
4. **McKinsey Global Institute** (2017). "The case for digital reinvention." *McKinsey & Company*.
5. **Rəhimov, M. (2017).** "İnformasiya texnologiyalarının iqtisadiyyata təsiri: Rəqəmsal dövrün inkişafı". *Azərbaycan İqtisadiyyatı Jurnalı*, 6(2), 35-50.

Summary:

The digital age is a stage in which technologies related to the electronic processing, storage, sharing and analysis of information have become dominant in our lives. This period, especially since the second half of the 20th century, has accelerated and reflects major changes related to the development of information technologies. The next stages of the digital age are related to the development of new areas such as 5G technology, blockchain, quantum computers, virtual and augmented reality. Digital technologies enable businesses to compete more strongly in the global market. Thanks to the Internet, even small businesses can serve a global customer base. At the same time, with digital transformation, businesses can obtain more information and improve their decision-making processes by analyzing this information. New communication tools are developing rapidly, especially as a result of innovations and technologies brought by the

digital age. These developments have significantly changed the way people communicate with each other, the speed and scope of information dissemination.

Keywords: Information technologies, digital technologies, 5G technology, artificial intelligence, cloud services, digital marketing.

FIZIKADAN ILHAM ALAN SÜNI INTELLEKT

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419187>

Gülsevər HƏSƏNOVA

mejlumovagulsever@gmail.com

Orcid ID. 0009-0000-4875-7967

Süni intellekt və fizika mürəkkəb problemlərin həllində bir-birini tamamlayan və gücləndirən sahələrdir. Fizikada süni intellekt texnikalarının istifadəsi elmi kəşfləri sürətləndirə, sənaye tətbiqlərinə gətirib çıxara, texnoloji inkişafı sürətləndirə bilər. Bu integrativ yanaşma fiziki nəzəriyyələrin və təcrübələrin, xüsusən də mürəkkəb verilənlərin təhlili və modelləşdirmə proseslərində daha effektiv sintezinə imkan verir.

Süni intellektlə işləyən fizika simulyasiyaları transformasiya effektləri ilə müxtəlif sahələrdə tətbiq olunur:

Astrofizikada süni intellektlə idarə olunan simulyasiyalar alimlərə qara dəliklərin toqquşması və ya qalaktikanın formalaşması kimi kosmik hadisələri öyrənməyə kömək edir.

Süni intellektdən istifadə edərək, maye dinamikasında təyyarə qanadları və ya okean axınları üzərində hava axını kimi maye axınlarının simulyasiyaları real vaxt rejimində optimallaşdırıla bilər ki, bu da xərcləri azaltmaq və dəqiqliyi artırmaqdır

Enerji və istilik hərəkətini öyrənən fizikanın fundamental sahəsi olan termodinamika ilk baxışdan süni intellekt sahəsindən uzaq görünə bilər. Lakin, iki sahə arasındakı əlaqə daha dərinə getdikdə aydın görünür. Termodinamikanın fiziki sistemlərdə enerji axını və çevrilməsini idarə etdiyi kimi, süni intellekt prinsipləri də məlumatın manipulyasiyasına və çevrilməsinə əsaslanır. Termodinamikanın əsas anlayışlarından biri olan entropiya süni intellekt kontekstində maraqlı bir analog tapır - sistemlərin nizamsızlığa doğru təkamül meylini əks etdirir. Həmçinin, hər iki sahədə mühüm əhəmiyyət kəsb edən resurslardan səmərəli istifadə və proseslərin optimallaşdırılması termodinamik dövrlərin səmərəlilik məqsədlərindən ilham alır.

Fizikadan ilham alan süni intellekt alqoritmlərinin əsas nümunələrindən biri də kvant maşın öyrənməsi sahəsidir. Kvant mexanikasının prinsiplərindən istifadə edərək, bu alqoritmlər xüsusi tətbiqlərdə klassik maşın öyrənmə üsullarını potensial olaraq üstələmək üçün kvant vəziyyətlərinin xas paralellik və superpozisiya xüsusiyyətlərindən istifadə edir.

Süni intellekt və kvant fizikası arasındakı kəsişmə kvant kompüterləri sahəsində əhəmiyyətli potensial təklif edir. Kvant kompüterlərində mürəkkəb problemləri həll etmək üçün süni intellekt alqoritmləri hazırlana bilər ki, bu da mühüm elmi və sənaye tətbiqlərinə gətirib çıxarır.

Süni intellekt texnologiyası fizika təhsilini tələbələrə daha effektiv şəkildə çatdırmağa kömək edə bilər. Müəllimlər süni intellektlə dəstəklənən proqramlar vasitəsilə tələbələrin

öyrənmə proseslərini izləyə və öyrənmə çətinliklərini tez müəyyən edə bilərlər. Bu yolla gələcəyin fizikləri daha təchizatlı və bilikli olaraq yetişə bilərlər.

Nəticədə, süni intellekt və fizika elm bir araya gəldikdə, gələcək innovasiyalar və texnoloji sıçrayışlar üçün əsas təşkil edə bilər. Bu əməkdaşlıq elm dünyasında mühüm addımlar atmağa kömək edəcək və bəşər tarixində ən böyük kəşflərə səbəb ola bilər.

Açar sözlər: fizika, kvant kompüterləri termodinamika, astrofizika, süni intellekt, kvant mexanikası

Keywords: physics, quantum computers, thermodynamics, astrophysics, artificial intelligence, quantum mechanics

SÜNİ İNTELLEKTİN İNTERYER DİZAYNINDA TƏTBİQİ: İMKANLAR, MƏHDUDİYYƏTLƏR VƏ GƏLƏCƏK PERSPEKTİVLƏR

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419214>

Nigar HACIYEVA

haciyeva.nigar@oyu.edu.az

Odlar Yurdu Universiteti

XÜLASƏ

Son bir neçə ildə interyer dizaynı kimi bir çox sahədə süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının istifadəsi və populyarlığının artması müşahidə olunur. Sİ, məkan konfigurasiyası ilə yanaşı materialların və rənglərin seçilməsi kimi gündəlik fəaliyyətləri avtomatlaşdırmaq üçün dizaynda istifadə edilə bilər. Bundan əlavə, Sİ müəyyən dövrlərin məlumatları daxil olmaqla, məlumatları təhlil edərək dizayn problemlərinə yeni həllər təqdim etməyə qadirdir. Bu yaxınlarda Azərbaycanda layihə və tikinti şirkətləri fərdi yaşayış binalarının layihələndirilməsi və planlaşdırılması üçün Sİ-dən istifadə etməyə başlayıblar. Burada Sİ texnologiyasının interyer dizaynı, onun keyfiyyəti və yaratdığı innovasiya proseslərinə təsirini təhlil etmək vacibdir.

Cari araşdırma Sİ alətlərinin interyer dizaynının həyata keçirilməsinə təsirini və xidmətdən istifadə edən müştərilərin məmnunluq səviyyələrini müəyyən etməyə çalışır. Bu məqsədə nail olmaq üçün Azərbaycanda və xaricdə hərtərəfli Sİ tətbiqi nümunəsi, o cümlədən ədəbiyyata baxış keçirilmişdir. Ədəbiyyat icmalının məqsədi milli çərçivədə tədqiqat nəticələrinin əhatə dairəsini gücləndirmək və genişləndirmək üçün keyfiyyət və kəmiyyət məlumatlarını toplamaq və qiymətləndirmək idi. Bu baxımdan, keyfiyyət hissəsinə Azərbaycanda ev və mənzillərin dizaynı üçün Sİ-dən istifadə edənlərin sorğusu ilə yanaşı, interyer dizaynı və tikinti şirkətləri ilə müsahibələr də daxil edilib. Bu tədqiqat interyer dizaynında Sİ-nin tətbiqi ilə bağlı öyrənilməmiş faydaları və problemləri qiymətləndirərək ədəbiyyatdakı boşluğu aradan qaldırmağa çalışır.

Açar sözlər: Süni intellekt, interyer dizayn, Azərbaycanda Sİ, dizayn innovasiyası, dizayn avtomatlaşdırılma, müştəri məmnuniyyəti

GİRİŞ

Sİ bu gün iş dünyasında baş verən rəqəmsal transformasiyanın əsas komponentlərindən birinə çevrilib. Şirkətlər toplanan və yaradılan məlumatlara görə böyük məbləğlər ödəməyə hazırdırlar. Beyninizdə belə bir sual yarana bilər: rəqəmsal transformasiya və ya dilimizə daha yaxın olan ifadə ilə desək, rəqəmsal çevrilmə nədir? Rəqəmsal çevrilmə, daim dəyişən biznes mühiti, bazar şərtləri və istehlakçı tələblərinə uyğunlaşmaq üçün rəqəmsal texnologiyalardan istifadə etmək deməkdir. Bu proses böyük gəlir potensialına malik olduğundan, sahibkarlar lazımi məlumatlara sərmayə qoymaqdan çəkinmirlər.

Bəs bu dəyişiklik necə baş verdi? Bu, müəyyən qədər böyük həcmli məlumatlar (big data) “inqilabının” nəticəsi olaraq meydana gəldi. Məlumat bolluğu daha dərindən tədqiqat aparmağa imkan yaratdı və zamanla məlum oldu ki, bu intensiv analiz prosesini həyata keçirmək üçün maşınlar insanlardan daha uyğun ola bilər (Simonova, XX). İnsanların əsas vəzifəsi isə bu maşınları daha “ağıllı” edərək onların daha səmərəli tədqiqat aparmasını təmin etmək oldu. Nəticədə, həmin ağıllı maşınlar zamanla inkişaf edərək, bu gün Sİ adlandırdığımız texnologiyaya çevrildi. Bu sahəyə artan maraq, cəmiyyətə mühüm dəyişikliklər gətirə biləcək nailiyyətlərə və yeniliklərə yol açdı. Səhiyyədən avtomobillərə qədər – bu sahədə baş verən inqilabi yeniliklər artıq heç kəsi təəccübləndirmir.

Sİ bu gün biznes əməliyyatlarında dəyişiklik üçün ən yeni katalizatorlardan biridir. Korporasiyalar yalnız məlumat almaq və onu müəyyən bir prosedən keçirmək üçün böyük məbləğdə pul xərcləməyə hazırdırlar (Kazımov, 2020). Bəs, rəqəmsal transformasiya, daha doğrusu, rəqəmsal transformasiya termininin mənası nədir? Prinsipcə, hər şey ondan ibarətdir ki, o, təşkilata dinamik sənaye dəyişiklikləri, rəqəbətli bazar şəraiti və daim inkişaf edən müştəri seçimlərinin öhdəsindən gəlməyə imkan verən informasiya texnologiyalarının tətbiqini nəzərdə tutur. Əslində, rəqəmsal transformasiya texnologiya vasitəsilə müasir çeviklik və əməliyyat səmərəliliyi standartlarına uyğunlaşmaqdan ibarətdir (Chulanova və Fomina, 2019. s. 7). Əksər şirkətlər bu anlayışı qəbul etməyə başlayır və böyük gəlir gətirmə potensialına görə rəqəmsal transformasiyaya pul xərcləməyə hazırdır. Belə nümunələrdən biri Amazon kimi qlobal korporasiyalardır ki, müştərilərlə qarşılıqlı əlaqəni daha da dərk etmək və Amazonda alış-veriş təcrübəsini artırmaq üçün Sİ-dən istifadə etmişdir (Clark, Kang, və Zhang, 2024). Beləliklə, şirkət müştəri məmnuniyyətini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırarkən satış artımına nail olur. Başqa bir nümunə, istifadəçi seçimlərini təhlil etmək üçün AI texnologiyasını tətbiq edən və sonradan müvafiq şou və filmləri tövsiyə edən Netflix-dir. Bu, Netflix-ə abunəçi bazasını daha da artırmağa və istifadəçi təcrübəsini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırmağa imkan verdi.

Bəs bu dəyişikliyə səbəb olan faktorlar hansılardır? “Böyük məlumatların” dünya üzərində təsiri ortaya çıxdı. Məlumatların saxlanması və toplanması indi texnoloji tərəqqi sayəsində mümkün olmuşdur. Məlumatların toplanması bir vəzifədir, lakin strategiyalar və mənalı nəticələr çıxara bilən avadanlıqlara sahib olmaq başqa bir işdir. Sİ işə daxil olduqda bu problemi həll edir. Maşınlar vaxt və dəqiqlik baxımından ənənəvi olaraq yerinə yetirilən analiz proseslərində insanlardan dəfələrlə üstün olur. Səhiyyə sənayesindən misal götürüldükdə Google Health, Sİ-ə döş xərçənginin diaqnozu vəzifəsini qoyduğu bir araşdırma apardı və nəticədə insan həkimlərini üstələyib. Bu, yalnız diaqnoz vaxtını sürətləndirməyə deyil, həm də həyatı xilas edə biləcək bir şeydir (McKinney, et al., 2020, s. 92). Bu sahəyə böyük sosial maraq var, çünki Sİ-nin praktiki olaraq hər bir sahədə istifadəsi yeni açılışlar yaradır. Özünü idarə edən avtomobillərdən tutmuş ağıllı şəhər təşəbbüslərinə qədər, Sİ sayəsində həyranamiz dəyişikliklər gündəlik həyatımızın komponentlərini təmsil edir. Müəssisələr üçün indi ən kritik məsələ texnologiyanın iplərini öyrənmək deyil, ondan maksimum yararlanmağın yollarını tapmaqdır.

Araşdırmanın Məqsədi Və Qarşıya Qoyulan Suallar

İnteryer dizayn sənətində estetika və praktiklik gözəl tarazlaşdırılmalıdır. O, bir interyer dizaynerinin yaradıcılığına güvənirdi, lakin son bir neçə ildə texnologiyanın inkişafı dəyişikliklərin hərəkətverici qüvvəsi rolunu oynadı. Gəlin Sİ integrasiyasının interyer dizaynı sahəsində yaradıcılığa necə təsir etdiyinə və eyni zamanda inkişaf etdirdiyinə diqqət edək: İnteryer dizaynı sahəsində Sİ dizayn və üslub seçimlərinin fərdiləşdirilməsi, eləcə də məkanın planlaşdırılması və optimallaşdırılmasına gəldikdə xüsusilə faydalıdır. Məsələn, Planner 5D (Planner 5D rəsmi saytı, 2025) kimi proqramlar istifadəçilərə Sİ-nin köməyi ilə məkanlarını dizayn etməyə imkan verir. Tətbiq istifadəçiyə onların üstünlükləri və ehtiyaclarına əsasən uyğunlaşdırılmış tövsiyələr təklif edə bilər. Eynilə, Havenly kimi xidmətlər müştərilərə üstünlük verdikləri dizayn üslublarını müəyyən etmək və fərdiləşdirilmiş planlar qurmaqda kömək etmək üçün Sİ alqoritmlərindən istifadə edir. Bunlar Sİ-nin dizaynerlərin işinə necə dəyər qatdığına, hazırlanmış yanaşmaları əhəmiyyətli dərəcədə təkmilləşdirdiyinə dair kifayət qədər nümunələrdir.

Azərbaycandan söz düşmüşkən, bu sahədə hələ də Sİ əsasında ciddi elmi tədqiqatlar və praktiki tətbiqlər geniş şəkildə aparılmayıb. Bu, çətin, lakin eyni zamanda, yerli dizayn şirkətləri üçün gözəl fürsətdir. Xüsusilə, Sİ-nin layihənin fərdiləşdirilməsini və xərclərin azaldılmasını necə optimallaşdırma biləcəyinin öyrənilməsi çox faydalıdır. Bu çərçivədə, bu tədqiqatın diqqət mərkəzində aşağıdakı ümumi suallar rəhbər tutulur:

- Sİ daxili dizaynda iştirak edən proseslərə gələcək hansı dəyişiklikləri gətirəcək?
- Dizaynda sərfəli səmərəliliyə nail olmaq üçün Sİ hansı üsullarla tətbiq oluna bilər?
- Sİ interyer dizaynerlərini köhnələcək və ya dizayn tendensiyalarına daha çox təsir göstərməyə imkan verəcəkmi?
- Azərbaycanda dizayn şirkətlərində Sİ texnologiyasından istifadə mövcuddurmu və əgər varsa, ondan necə istifadə olunur?

İnteryer Dizaynında Sİ Texnologiyası: Bacarıqlar və Mətn Təkmilləşdirmə Təhlili

Bir insanın yaşayış və ya iş yerlərinin estetik və rahatlıq məqsədləri üçün təşkili ilə bağlı iş və proseslərin əhatə dairəsi bir sıra mürəkkəb tapşırıqları ehtiva edir. Ənənəvi dizayn insan təxəyyülünə əsaslanırdı. Bununla belə, son bir neçə il ərzində Sİ-nin interyer dizaynına təsiri dərin olub, effektivliyi və innovasiyanı yeni səviyyələrə qaldırıb (Ardintsev, 2023). Bu gün Sİ texnologiyaları alqoritmlər və maşın öyrənməsi vasitəsilə həyata keçirilir ki, bu da dizaynerlərə kömək edir, həmçinin onların yaradıcılıq sərhədlərini genişləndirir və iş nəticələrinin keyfiyyətini artırır. Sİ daxili dizayn sahəsinə başqa hansı yollarla kömək edə bilər:

- Fərdi Müştəri Ehtiyacları üçün Fərdi Dizayn Təklifləri
- Məkan bölgüsü və dizayn axınının təkmilləşdirilməsi
- Məlumatların toplanması, bazarın qiymətləndirilməsi və trendlərin tövsiyəsi
- Animasiya və Üç Ölçülü İllüstrasiya
- Çıxış artırarkən yerüstü xərclərin azaldılması

Fərdi dizayn təkliflərinin yaradılması

İnteryer dizaynında Sİ-dən istifadənin əsas faydası fərdi xüsusi dizayn tövsiyələri yaratmaqdır. Müasir alqoritmlər müştərilərin üstünlük verdiyi üslubu, rəngi və məkanın ölçüsünü təhlil edə və onların istəklərinə uyğun dizayn variantları yarada bilər.

Məsələn, Planner 5D müştərilərinə virtual səviyyədə daxili məkanları dizayn etməyə imkan verir. Sİ alqoritmləri istifadəçilərin əvvəlki seçimlərinə əsaslanaraq yeni tövsiyələr verir və dizayn prosesinə kömək edir. İstifadəçilərə bu texnologiyalar sayəsində mebel yerləşdirmə, işıqlandırma, rəng sxemləri və ümumi məkan planlaması üçün saysız-hesabsız imkanlar təqdim edilir.

Məkanın Optimallaşdırılması və Dizayn Axınının Təkmilləşdirilməsi

Sİ sahəsinin dizayn sahəsi xüsusilə məkanın optimallaşdırılması baxımından əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Sİ layihələndiriləcək məkanın fəaliyyətini və ehtiyaclarını nəzərə alır, uyğunlaşdırma və optimallaşdırma üzrə avtomatlaşdırılmış prosesləri həyata keçirir.

Optimallaşdırma və Təkmilləşdirmədən İrəli Gələn Təvsiyələr

Yeni tendensiyalar və üslublar daim ortaya çıxdığından, İnteryer dizaynı bir çox yeni yaranan sahələri əhatə edir. Sİ-nin istifadəsi trendin proqnozlaşdırılması və yenilərinin tövsiyə edilməsinin sürətini və dəqiqliyini xeyli yaxşılaşdırıb. Məsələn, Pinterest Lens populyar üslub və materialları rəng birləşmələri ilə birlikdə tapmaq üçün şəkil təhlilindən istifadə edir. Üstəlik, interyer dizaynının ən trend sahələri müxtəlif sosial media platformalarında sosial şəkildə paylaşılan şəkillər, məqalələr və hətta jurnalların təhlili ilə müəyyən edilir. Digər hallarda, Havenly kimi istifadəçi dizayn alətləri istifadəçilərə onlara ən yaxşı uyğun gələn dizaynı müəyyən etməkdə kömək etmək üçün Sİ ilə dəstəklənən sistemlərdən istifadə edir ki, bu da xüsusi təkliflər verir. Bu üsullar dizaynerlərə daha müasir və cəlbedici məkanlar yaratmağa kömək edə bilər.

3D simulyasiya və vizuallaşdırma

İnteryer dizaynı sahəsində yeni konsepsiyaları təsəvvür etmək və sınaqdan keçirmək qabiliyyəti yeni və faydalı məkanların inkişafına təkan verir. Bu sahədə integrasiya olunmuş Sİ texnologiyaları ilə 3D simulyasiya və vizuallaşdırma interyer dizaynerlərə aydın şəkildə kömək edir. Əvvəllər interyer dizaynerləri eskizlərə, planlara və hətta fiziki modellərə etibar edirdilər (Cimerman, 2023). Təqdim olunan çətinlikləri təfərrüatlandırmaqla yanaşı, bu strategiyalar həm də çox vaxt aparırdı. İndi Sİ alqoritmləri 2D planlarını dəqiq üçölçülük təsvirlərə çevirə bilər. Bu imkan dizaynerlərə naxışların, rənglərin və materialların fərdiləşdirilə bilən matrisləri də daxil olmaqla geniş mövzular və planlarla oynayarkən mücərrəd konsepsiyaları və simulyasiyaları vizuallaşdırmağa imkan verir.

Sİ texnologiyaları mövcud strukturların təmirində və yenidən qurulmasında mühüm rol oynayır. Space à la carte dizaynerlərinə faktiki məkanın 3D təsvirlərini sxematikləşdirmək üçün bütün müvafiq məlumatları ehtiva edən məkanların skan edilmiş modelləri təqdim olunur. Belə avtomatlaşdırma dizaynerlərə müxtəlif dizayn qərarlarını daha sərbəst araşdırmağa və mövcud avtomatlaşdırmadan ən yaxşı şəkildə yararlanmağa imkan verir. Houzz Pro həqiqətən də Sİ vasitəsilə memarlıq məkanlarının dizaynını təmin edən çoxsaylı

platformalardan biridir (Chen, 2023). İstifadəçilər rəngləri, mebelləri dəyişdirə və hətta nəticəni təhlil etmək üçün alternativ işıqlandırma seçimlərini yoxlaya biləcəkləri fərqli bir alqoritmədən istifadə edərək Sİ ilə dəyişdirilmiş modelləri manipulyasiya edə bilirlər.

Müştərilər Üçün Üstünlüklər və Gözləntilərə Uyğun Sİ Tətbiqinin Həyata Keçirilməsi

Həm dizaynerlər, həm də müştərilər 3D simulyasiya və vizuallaşdırma texnologiyalarından çox faydalanırlar. Dizayn addımlarına əlavə olaraq, müştərilər müxtəlif iterasiyaları təfərrüatlandırır, onları yan-yanə müqayisə edə və dəyişiklikləri öz seçimlərinə uyğun olaraq fərdiləşdirə bilirlər. Sİ Müştərilərə layihələrinin nəticələrini, real vizuallaşdırma vasitələrinin köməyi ilə qəbul edilən qərarları daha yaxşı qavramağa imkan verir və onlara daha yaxşı qərarlar qəbul etməyə imkan verir (Chen & Wang, 2020). Məsələn, yüksək keyfiyyətli təsvirlər hazırlamaq üçün Sİ-dən istifadə müştərilərə məkanın geniş yayılmış elementlərini, eləcə də işıqlandırma, materiallar və fakturalar kimi mürəkkəb komponentləri təhlil etməyə imkan verir.

Süni intellektin interyer dizaynda xərclərin azaldılmasında təsirləri

Yachtsyle (2024) məqaləsində və McKinsey & Company hesabatında qeyd olunmuşdur ki, Sİ istifadəsi interyer dizaynda layihənin hazırlanma və həyata keçirilməsi müddətini 20% azaltdığı halda, məhsuldarlığı isə 15% artırır. Belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, Sİ daxili dizaynerlərin iş axınına daha səmərəli etməklə əslində müasir bir köməkçiyə çevrilib. Dizaynerlər ilham ala bilirlər, çünki neyron şəbəkələri şəkillər və dizayn tendensiyaları da daxil olmaqla böyük həcmdə məlumatları təhlil etmək iqtidarındadır. Bu, ideyaların çeşidlənməsinə sərf olunan vaxtı əhəmiyyətli dərəcədə azaldır və dizaynerlərə öz vaxtlarını daha çox peşəkar işə həsr etməyə imkan verir. Buna baxmayaraq, bu xüsusiyyətlər nə qədər faydalı olsa da, süni intellekt hələ də daxili və memarlıq dizaynında ehtiyac duyulan sərhədsiz insan təxəyyülünü təmin etmək qabiliyyətinə malik deyil.

Süni intellekt interyer dizaynerlərini əvəz edə bilərmi?

İnteryer dizaynında Sİ geniş şəkildə nümayiş etdirilsə də, bu texnologiyanın tamamilə ələ keçirməsi ehtimalı çox azdır. "Robotlar Mənim İşimi Alacaqmı?" Interyer dizaynerləri işini avtomatlaşdırmaya görə itirmək şansının yalnız 25%-ni gözləyə bilirlər. Bu rəqəm aşağı risk ssenarisini göstərir (bax Qrafik 1).

Qrafik 1. "Robotlar Mənim İşimi Alacaqmı?" sorğusu üzrə nəticələr¹



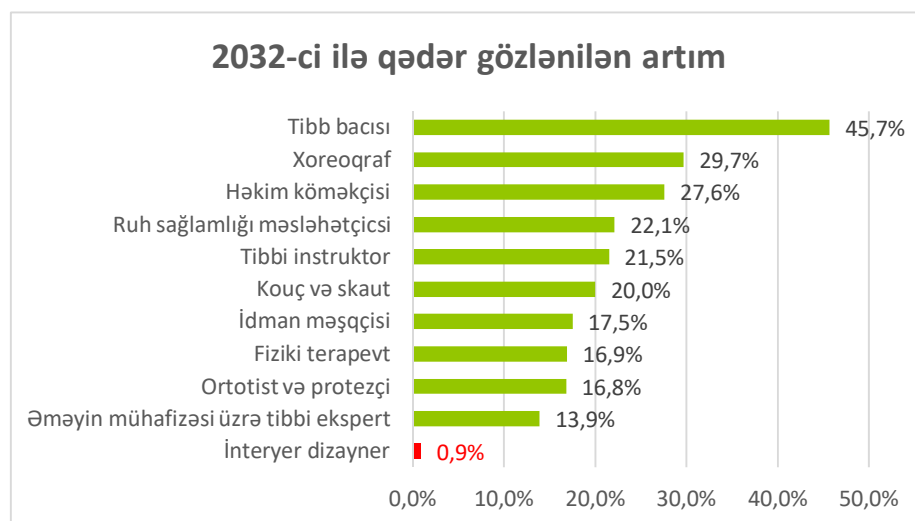
Sİ təkrarlanan işə əsaslanan dizaynları ələ keçirmək potensialına malikdir. O, mebel rənginin seçilməsi və digər dizayn tapşırıqlarını bir kənara qoymağa kömək edə bilər. İnsan

¹ <https://willrobotstakeyourjob.com/interior-designers?>

dizaynerləri digər strateji və yaradıcı cəbhələrdə Sİ-nin effektivliyini artırma bilər. “Will robots take my job?” xidməti, Sİ-nin interyer dizaynerlərini əvəz etmə ehtimalını cəmi 8% olaraq proqnozlaşdırır, halbuki mühəsiblər və maliyyə analitikləri üçün bu ehtimal təxminən 50%-dir.

U.S. Career Institute tərəfindən də Sİ və robot avtomatlaşdırmasına ən az məruz qalacaq 65 karyera siyahısını hazırlamışdır. İnteryer dizayner işi 61-ci yerdə qərarlaşmışdır. İlk onluqda isə səhiyyə, idman kouç, və.s kimi işlər yer almışdır (bax Qrafik 2).

Qrafik 2. Sİ və avtomatlaşdırmanın daha az təsir edəcəyi top 10 karyera²



Azərbaycanda süni intellekti tətbiq edən dizayn şirkətləri varmı?

Azərbaycanda Sİ tətbiqi istiqamətində əldə edilən irəliləyişlər hələ ilkin mərhələdədir. Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyev tərəfindən təsdiq olunan “*Azərbaycan Respublikasının 2025-2028-ci illər üçün süni intellekt Strategiyası*” Sİ-nin yerli miqyasda tətbiqi baxımından effektiv olacağını və xidmət göstərən şirkətlərin bu istiqamətdə fəaliyyətlərinin təşkil edəcəyini təxmin etmək olar (President.az Rəsmi sayı, 2025).

Sosial ehtiyacların və texnoloji inkişafın bu qovşağında ixtisaslaşan dizayn şirkətlərinin sayı hələ də qeyri-kafi olaraq qalır. Təxminən beş il əvvəl dövlət və özəl sektorların Sİ və məlumat elminə marağı kifayət qədər dayaz idi. Bununla belə, son bir neçə ildə bu texnologiyaların tətbiqi istiqamətində getdikcə müsbət tendensiya müşahidə olunur (Hüseynli, 2020). İlk cəhdlərə misal olaraq “Məlumat Analitikası və Veb Insight Mərkəzi”

² <https://www.uscareerinstitute.edu/blog/65-jobs-with-the-lowest-risk-of-automation-by-ai-and-robots>

(CEDAWI) tədqiqat mərkəzinin fəaliyyəti ilə bağlıdır. Azərbaycan Respublikası tərəfindən dəstəklənən CEDAWI 2011-ci ildən fəaliyyət göstərir və ölkənin böyük verilənləri və Sİ tətbiqi tədqiqatlarını asanlaşdırır. Bundan əlavə, 2010-cu illərdən etibarən ASAN Xidmət müxtəlif layihələrə, o cümlədən Data Science və Sİ başlamaq təşəbbüsü ilə çıxış edib, Azercell də oxşar işlərdə iştirak edib.

Dizayn sahəsinə gəldikdə, Sİ-nin interyer dizaynı proseslərində istifadəsi hələ ümumi deyil. Bu, əsasən, Azərbaycanda Sİ texnologiyalarının hələ tam tətbiq edilməməsi ilə bağlıdır. Lakin qlobal tendensiyaları nəzərə alaraq yaxın gələcəkdə, xüsusilə də Strategiyanın təsiri ilə, bu sahədə daha çox təşəbbüs və irəliləyişlərin olacağı gözlənilir.

NƏTİCƏ

Cari araşdırma Sİ-nin interyer dizaynına inteqrasiyasının müsbət və mənfi tərəflərini müəyyən edib. Məkan vizuallaşdırma, material və rəng seçimi kimi bəzi proseslər üçün Sİ vasitəsilə əhəmiyyətli optimallaşdırma əldə etmək olar. Bu, dizaynerlərin iş axını artırır, xərcləri azaldır və işlərinin ümumi keyfiyyətini yüksəldir. Cari xüsusi araşdırma göstərdi ki, Sİ texnologiyaları məhdud imkanlara malikdir və yalnız təkrarlanan və standartlaşdırılmış dizayn funksiyalarını yerinə yetirə bilər. Bunun əksinə olaraq, intuitiv qərar qəbul etmək və çoxşaxəli layihələri idarə etmək üçün emosional olan insan dizaynerlərinə Sİ-nin təkrarlama bilməyəcəyi daha böyük üstünlüklər verir. Müştərilərlə iş, fərdi diqqət və innovasiya kimi aspektlər Sİ-dən üstündür. Eyni zamanda, Sİ tapıntıları dizaynerlərin tamamilə əvəz edilmədiyi iddiasını müdafiə edərək, interyer dizaynerlərinin işindəki boşluqları üzə çıxarır. Daha yüksək istifadəçi təcrübəsi Sİ təmin edən optimallaşdırma və avtomatlaşdırma vasitəsilə əldə edilə bilər.

İrəliləyən zamanda, Azərbaycanda interyer dizaynında Sİ-nin tətbiq dairəsini genişləndirmək üçün əlavə tədqiqatların aparılması, yerli dizayn firmaları tərəfindən texnoloji irəliləyişlərə əlavə resursların ayrılması, eləcə də Sİ-nin tətbiqi sahəsini genişləndirmək üçün Sİ üzrə mütəxəssislərin hazırlığının artırılması mühüm əhəmiyyət kəsb edəcək. Bundan əlavə, ölkənin daxili dizayn sahəsində Sİ-nin tətbiqinə yönəlmiş siyasətlərin inkişafı da prioritet hesab edilməlidir.

ƏDƏBİYYAT

1. Ardintsev, I. (2023). Как и почему AI изменит работу дизайнера, но не заменит его. <https://habr.com/ru/articles/769002/>
2. Chen, S. (2023). Top 10 best apps and tools AI for interior design 2025. DigitalPhabet. <https://www.digitalphablet.com/ai/best-apps-tools-ai-for-interior-design/>
3. Chen, Z., & Wang, X. (2020). Application of AI technology in interior design. E3S Web of Conferences, 179. https://www.researchgate.net/publication/343160919_Application_of_AI_technology_in_interior_design
4. Chulanova, O.L., & Fomina, E. V. (2019). Artificial intelligence as the main trend of the information society. Журнал Социологических Исследований, 4., 2.

5. Cimerman, A. (2023). Interior AI for home design: Easy-to-use tool to create modern design ideas. Mpost. <https://mpost.io/ai-room-planner-for-home-design-easy-to-use-tool-to-create-modern-designs-ideas/>
6. Clark, B., Kang, E., & Zhang, M. (2024). Reimagining the customer experience with real-time AI-powered solutions, AWS Smart Business Blog. <https://aws.amazon.com/blogs/smb/reimagining-the-customer-experience-with-real-time-ai-powered-solutions/>
7. Hüseynli, E. (2020), Süni intellekt elminin tətbiqinin Azərbaycandajı mövcud vəziyyəti, imkanlar, çatışmazlıqlar və təkliflər istiqamətində analitik təhlil. <https://tr.linkedin.com/pulse/s%C3%BCni-intellekt-elminin-t%C9%99tbiqinin-az%C9%99rbaycandak%C4%B1-m%C3%B6vcud-h%C3%BCseynli>
8. Kazımov, Ə. (2020), Süni intellekt (Artificial Intelligence) nədir?. <https://data.edu.az/az/data-bloq/suni/>
9. McKinney, S. M., Sieniek, M., Godbole, V., and others. (2020). International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature*, 577, 89-94. <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1799-6>
10. Planner 5D Rəsmi saytı. (2025). <https://planner5d.com/>
<https://president.az/az/articles/view/68365>
11. President.az Rəsmi saytı. (2025). Azərbaycan Respublikasının 2025–2028-ci illər üçün süni intellekt Strategiyası. <https://president.az/az/articles/view/68365>
12. Симонова, А. (XX). Возможно Ли Создавать Интерьеры С Помощью Искусственного Интеллекта?
13. Yachtstyle. (2024). The influence of AI in the interior design industry. <https://yachtstyle.co/the-influence-of-ai-in-the-interior-design-industry/>

ABSTRACT

The past few years have seen the adoption and diffusion of Artificial Intelligence (AI) technologies into numerous sectors, including that of interior design. In design, AI can be used to semi-automate mundane tasks such as color selection, materials procurement, and even spatial organization planning. Furthermore, AI can analyze various datasets, including historical data, to provide novel solutions for emerging design challenges. In Azerbaijan, design and construction firms have started incorporating AI into the design and planning phases of custom residential buildings over the last few years. Here, it is vital to analyze the implications of AI on interior design, its innovation processes, and overall quality.

This research attempts to evaluate AI tools' impacts on the efficiency of interior design and the overall satisfaction of clientele benefiting from these services. In regard to achieving this goal, the application of AI technologies in Azerbaijan and other countries were reviewed extensively. The review was crafted using qualitative and quantitative methodologies to ensure the findings of the study were contextually applicable within the borders of Azerbaijan. As part of the qualitative research, a set of interviews was conducted with active participants from the interior design and construction industry and surveys were administered to consumers who utilized AI technologies to design their homes and

apartments in Azerbaijan. This study hopes to contribute by analyzing the underestimated consequences of AI implementation in interior design.

Keywords: Artificial intelligence, interior design, AI in Azerbaijan, design innovation, design automation, customer satisfaction

АННОТАЦИЯ

За последние несколько лет технологии искусственного интеллекта (ИИ) были внедрены и распространены во многих секторах, включая дизайн интерьера. В дизайне ИИ может использоваться для полуавтоматизации рутинных задач, таких как выбор цвета, закупка материалов и даже планирование пространственной организации. Кроме того, ИИ может анализировать различные наборы данных, включая исторические данные, чтобы предлагать новые решения для возникающих проблем дизайна. В Азербайджане проектные и строительные фирмы начали включать ИИ в этапы проектирования и планирования индивидуальных жилых зданий за последние несколько лет. Здесь крайне важно проанализировать влияние ИИ на дизайн интерьера, его инновационные процессы и общее качество.

В данном исследовании делается попытка оценить влияние инструментов ИИ на эффективность дизайна интерьера и общую удовлетворенность клиентов, пользующихся этими услугами. В отношении достижения этой цели было подробно рассмотрено применение технологий ИИ в Азербайджане и других странах. Обзор был составлен с использованием качественных и количественных методологий, чтобы гарантировать, что результаты исследования были контекстуально применимы в пределах границ Азербайджана. В рамках качественного исследования был проведен ряд интервью с активными участниками из сферы дизайна интерьера и строительства, а также были проведены опросы среди потребителей, которые использовали технологии ИИ для проектирования своих домов и квартир в Азербайджане. Это исследование надеется внести свой вклад, проанализировав недооцененные последствия внедрения ИИ в дизайн интерьера.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, дизайн интерьера, ИИ в Азербайджане, инновации в дизайне, автоматизация дизайна, удовлетворенность клиентов

BLOKZINCIR OPTİMİZASYONU
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419247>

Fatih Kürşad GÜNDÜZ¹

fatihgunduz@sdu.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-8952-6660

¹*Süleyman Demirel Üniversitesi*

XÜLASƏ

Günümüzün popüler teknolojilerinden olan blokzincir, merkeziyetsiz yapısı ve değiştirilemezlik özelliği ile finans, sağlık, lojistik gibi birçok sektörde devrim yaratmaktadır. Ancak blokzincir; işlem hızı, ölçeklenebilirlik ve enerji tüketimi gibi optimizasyon gerektiren birçok sorunu da beraberinde getirmiştir. Blokzincir ağları, işlem süreçlerinin doğrulanması ve zincire eklenmesi gibi konularda genellikle uzun süreler harcarlar. Bu durum, ağ tıkanıklığı, yüksek işlem ücretleri ve enerji verimsizliği gibi sorunlara yol açmaktadır. Bu çalışmada, söz konusu sorunlara neden olan teknik kısıtlamalar ele alınmış; farklı konsensüs algoritmalarının enerji tüketimi açısından karşılaştırılması yapılmış ve çözüm olarak geliştirilen optimizasyon teknikleri detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Açar sözlər: *Blokzincir, Optimizasyon, Konsensüs Algoritmaları, Katman-2 çözümleri*

GİRİŞ (Introduction)

Blokzincir teknolojisi, son yıllarda giderek popülerlik kazanan yenilikçi bir teknolojidir. İlk olarak 2008 yılında Satoshi Nakamoto tarafından yayımlanan Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System adlı makalede tanıtılmıştır. Blokzincir, her kullanıcının (düğüm) birer kayıt defterine sahip olduğu dağıtık bir sistem olarak çalışır. Bu sistemde gerçekleştirilen işlemler tüm düğümlerde kayıt altına alınır. Bir kaydın değiştirilmek istenmesi durumunda, bu kayıt diğer defterlerdeki kopyalarla karşılaştırılır ve tutarsızlık durumunda değişikliğe izin verilmez. Bu yapı sayesinde sistemin manipüle edilmesi engellenir. Blokzincir, merkezi bir yapıdan ziyade kullanıcıların ortak güvenliği sağladığı dağıtık bir sistem modeli sunar. Sistemde yer alan her kullanıcı, güvenliğin sağlanmasında aktif rol oynar (Nakamoto,2009,s.1)

Blokzincir kavramı, dağıtık veritabanı teknolojisine benzemektedir. Kısaca tanımlamak gerekirse, işlemlerin konsensüs (mutabakat) mekanizmasıyla dağıtık veritabanlarına eklenmesidir. Bu ağ, IP adresi üzerinden blokzincir ağına bağlanan masaüstü

bilgisayarlar, dizüstü cihazlar ve mobil cihazlardan oluşan düğümlerden meydana gelir. Bir işlemin geçerli sayılması ve veritabanına işlenebilmesi için önce doğrulanmış bir blok oluşturulmalıdır. Bu blok, daha sonra ağdaki diğer düğümlere dağıtılır. Bloku alan her düğüm, blok içeriğini doğrular ve işlemleri gerçekleştirir. Onaylanan blok, zincirin son halkası olarak yapıya eklenir (Atabaş,2018,s.14).

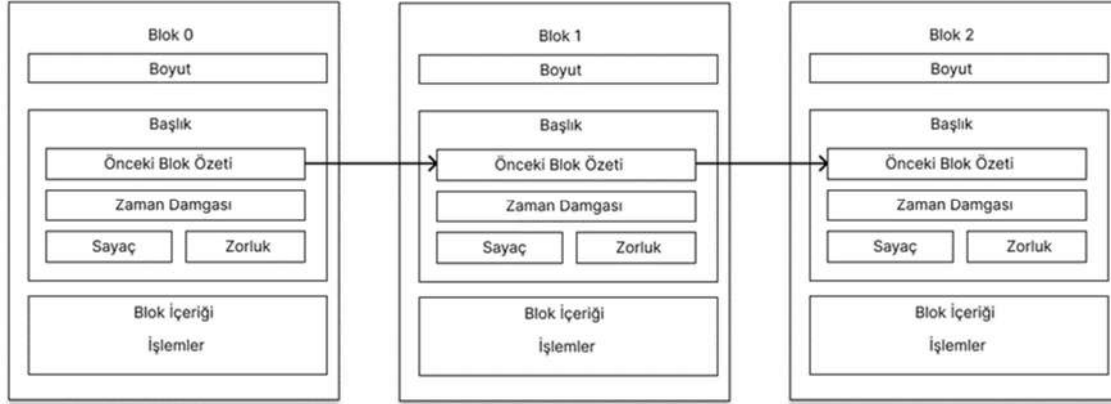
Blokszincir ağı, kullanıcıların kendi aralarında mutabakata vardığı bir ekosistem içinde işlemektedir. Bu yapının temelinde yer alan konsensüs mekanizması, işlemlerin doğruluğunu merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan denetler. Nakamoto'nun ortaya koyduğu bu fikir birliği yapısı, blokszincirin merkeziyetsizliğini sağlayan temel unsurdur. Bu sayede dijital para birimleri, işlemler ve ödemeler merkezi bir sisteme bağlı olmaksızın gerçekleştirilebilmektedir (V. Güven and E. Şahinöz,2018,ss 32). Örnek blokszincir yapısı şekil 1.de gösterilmiştir.



Şekil 1. Blok yapısı

Blokszincir, güvenli, şeffaf ve adem-i merkeziyetçi bir veri mekanizması oluşturarak birçok sektörde büyük dönüşümler yapmaktadır. Finans sektöründe hızlı ve düşük maliyetli para transferleri sağlarken, sağlık sektöründe güvenli hasta kayıtları oluşturulmasına sağlayabilir. Lojistik ve tedarik sistemlerinde veri takip süreçlerini kolaylaştırarak süreçleri daha şeffaflaştırmaktadır. Bunun yanında, blokszincir kavramı sayesinde dijital kimlik yönetimi, akıllı sözleşmeler ve adem-i merkeziyetçi uygulamalar gibi yenilikler hayatımız yer etmeye başlamıştır. Ancak, blokszincirin ölçeklenebilirlik ve enerji tüketimi gibi bazı temel sorunları bulunur. Bu sebepten dolayıdır ki, blokszincirin

daha geniş çapta benimsenmesi için üzerinde optimizasyon teknikleri uygulanmaktadır(Nakamoto,2009,s.10) .



Şekil 2. Örnek blokzincir yapısı

Blokzincir, dağıtık, açık kaynak kodlu, manipule edilemeyen Peer to peer bir ağdan oluşan bir yapıdır. Blokzincir değiştirilemeyen merkeziyetsiz verilerin birbiri ardına birleşip oluşturduğu bir kayıt defteridir. Her bir kayıt kendinden önceki kaydın özetini tutmaktadır. Blokzincirin genel özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Merkeziyetsizlik (Decentralization)** Geleneksel sistemlerde işlemler bir merkez tarafından yönetilirken, blokzincir peer to peer bir ağ üzerinde çalışır. Ağdaki tüm katılımcılar, aynı bir kayıt defterinin kopyasına sahiptir(Nakamoto,2009,s.5).
- Değiştirilemezlik (Immutability):** Blokzincirdeki veriler değiştirilemez veya silinemez. Bir bloğa eklenen bilgiler, kriptografik algoritmalarla korunur. Bir bloğun değiştirilmesi için tüm zincirin değiştirilmesini gerekir. Bu da pratikte imkansızdır(Nakamoto,2009,s.5).
- Şeffaflık (Transparency):** Blokzincir ağındaki işlemler, blokzincir ağına katılan herkes tarafından görüntülenir. Açık blokzincirlerde işlemler anonim hesaplarla takip edilebilmektedir[3].
- Konsensüs Mekanizmaları (Consensus Mechanisms):** Blokzincir teknolojisinde konsensüs mekanizmaları, ağdaki tüm katılımcıların işlemleri doğrulamak ve yeni blokları eklemek için kullandığı algoritmalarlardır. Bu mekanizmalar, merkezi bir sisteme

ihtiyaç duymadan, ağın güvenliğini ve bütünlüğünü korumaktadır(V. Güven and E. Şahinöz,2018,ss 47).

BLOKZİNCİR OPTİMİZASYONUN GEREKLİLİĞİ

Optimizasyon, kısaca en iyilemektir. Bir sistemin, sürecin veya algoritmanın verimliliğini artırmak, maliyetleri düşürmek ve kaynak kullanımını iyileştirmek amacıyla yapılan işlemlerdir. Matematik, mühendislik, ekonomi, yapay zeka ve lojistik gibi birçok alanda kritik bir rol oynar(Salah vd. diğerleri,2018,s 5).

Blokzincir sistemlerinde işlem hızı, maliyet, güvenlik ve ölçeklenebilirlik gibi faktörler önemlidir. Mevcut sistemlerin optimizasyon gerektirmesinin ana nedenleri şunlardır:

- Düşük İşlem Hızları: Bitcoin gibi PoW (Proof of Work) tabanlı sistemlerde blok süresi uzun olduğundan işlem onay süreleri uzundur.
- Yüksek İşlem Ücretleri: Ağ yoğunluğu arttıkça işlem maliyetleri de artar.
- Enerji Tüketimi: PoW tabanlı sistemler aşırı enerji tüketir.
- Ölçeklenebilirlik Sorunu: Mevcut blokzincir sistemleri, büyük hacimli işlemleri işleme konusunda sınırlıdır.

Güvenlik ve Merkeziyetsizlik Dengesi: Daha hızlı işlemler için bazı sistemlerde merkeziyetleşme eğilimi görülebilir(M. M. Islam diğerleri,2018,s 5).

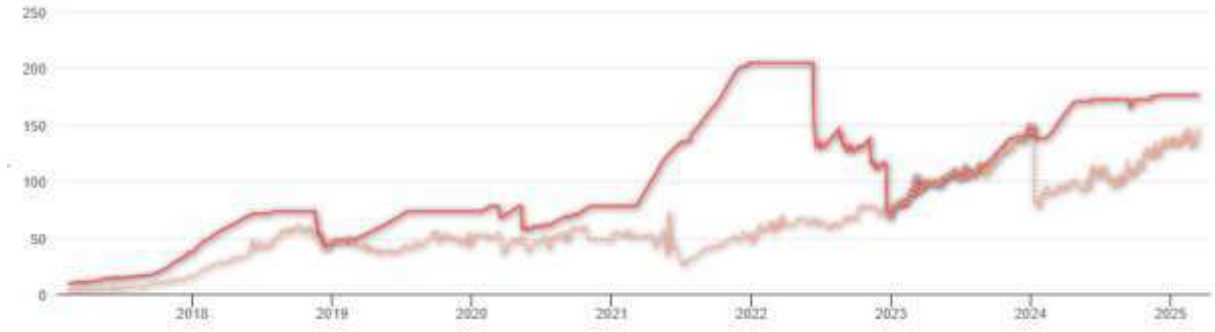
ENERJİ TÜKETİMİ VE MALİYET SORUNLARI

Blokzincir teknolojisi, merkeziyetsiz ve güvenli bir yapı sunmaktadır. Aynı zamanda yüksek enerji tüketimi ve işlem maliyetleri gibi önemli sorunlarla karşı karşıyadır. Özellikle Bitcoin ve Ethereum gibi PoW tabanlı blokzincirlerinde, madencilik işlemleri büyük miktarda enerji tüketimi yapmaktadır. Cambridge Üniversitesinin araştırmasına göre araştırmasına göre, Bitcoin yıllık yaklaşık 120-150 terawatt-saat (TWh) enerji tüketmektedir. Bu rakam, küçük ve orta ölçekli başka ülkelerin toplam enerji tüketimiyle aynıdır (M. M. Islam diğerleri,2018,s 6).

Enerji tüketimini azaltmak için geliştirilen PoS mekanizması, madencilik sürecini yoğun hesaplamalardan ayrı tutarak daha verimli bir konsensüs algoritması sunmaktadır. Ethereum geliştirilen Ethereum 2.0 güncellemesi ile PoS'a geçiş yapması, ağın enerji

tüketimini %99 oranında azalmıştır. Buna ek olarak, Layer-2 çözümleri (örneğin, Lightning Network ve Rollups) işlem yükünü ana zincirden ayrı tutarak hem enerji tüketimini hem de işlem maliyetlerini düşürmektedir(M. M. Islam diğerleri,2018,s 7).

İşlem maliyetleri açısından incelendiğinde, Ethereum ağındaki işlem ücretleri dönemsel olarak 50-100 dolar seviyelerine kadar çıkabilmektedir (Glassnode, 2023). Bu durum, kullanıcılar için önemli bir finansal yük oluşturmaktadır. Bu durum daha düşük işlem ücretleri sunan alternatif blokzincirlerin popülerliğini artırmaktadır. Blokzincir teknolojisinin sürdürülebilirliği için enerji tüketimini azaltan konsensüs mekanizmaları da geliştirilebilir. Bu süreçte yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu ve ölçeklenebilir blokzincir altyapılarının yaygınlaştırılması kritik bir rol oynayacaktır(Salah vd. diğerleri,2018,s 9).



Şekil 3. Bitcoin'in Enerji Tüketimi (yıllık TWh)

Kaynak: <https://digiconomist.net/Bitcoin-energy-consumption> Erişim: 23.03.2025

OPTİMİZASYON TEKNİKLERİ

4.1.1 Katman-2 Çözümleri

Katman-2, mevcut blokzincir sistemlerinde direk uygulama yapılmadan onların işlem hızını artırmak ve ölçeklenebilirliğini geliştirmek için geliştirilmiş ek katmanlardır. Özellikle Bitcoin ve Ethereum blokzincir sistemlerinde oluşan problemler için

kullanılmıştır. Katman-2 amacı işlem hızını artırılması, düşük işlem maliyetleri, daha iyi ölçeklenebilirlik ve güvenliği korunması olarak sıralanabilir(Khan vd. diğerleri,2023,s 4).

Tablo 1. Katman-2 çözümleri

Katman-2 çözümleri		Örnek
State Channels	Zincir dışı işlemlerin olmasını sağlar, yalnızca son durumu Layer 1'e işler.	Lightning Network (Bitcoin), Raiden Network (Ethereum)
Rollups	Birden fazla işlemi Layer 1'e gönderir, İşlem yükünü azalır	Optimistic Rollups, ZK-Rollups (Ethereum)
Sidechains	Ana zincirden iş yapan fakat bağımsız olarak çalışabilen blokzincirlerdir.	Polygon, xDai, Ronin
Plasma	Ana zincire bağlı alt zincirler kullanarak	OMGNetwork,Matic

	ölçeklenebilirliği artırır. (Polygon)
Validium	ZK-Rollups'a benzer ancak StarkWare, Immutable X verileri zincir dışında tutarak ölçeklenmeyi artırır.

4.1.2 Katman-2'nin Geleceği

Katman-2 çözümlerinin geleceği, blokzincir teknolojisinin benimsenmesi ve günlük kullanım için sürdürülebilir, güvenli, hızlı ve düşük masraflı bir çözüm sunması açısından hayati önemli bir gelişmedir. Tasarlanan teknolojiler, artan sistemlerarası entegrasyonu, daha gelişmiş güvenlik protokolleri ve kullanım alanları ile katman 2 çözümleri, blokzincirin geleceğinde önemli bir rol oynayacaktır. Araştırmacılar ve geliştiriciler, bu kavram üzerinde çalışarak teknolojiyi daha da ileri seviyeye taşıyabilirler(Ahmed vd. diğerleri,2023,s 2).

4.2. Sharding Tekniği

Sharding tekniği, blokzincirlerden işlem hızı ve veri yönetimi gibi temel problemlere çözüm olarak geliştirilmiş bir tekniktir. Blokzincir sistemlerinde, katılımcılar tüm işlemleri ve blokzincir saklarlar. Bu zamanla işlem hacminin artmasına ve ağın yavaşlamasına neden olur. İşte sharding tekniği bu yükü bölmeyi amaçlar ve blokzincir ağının rahatlatır(Yang vd. diğerleri,2024,s 5).

Sharding yönteminde, blokzincir ağı paralel çalışan küçük blokzincir ağlara dönüşür. Her küçük ağ işlerinin bağımsız olarak yürütür. Ağın toplam işlem kapasitesi artar. Örnek ethereum saniyede 12-15 işlem yapabilirken sharding tekniği ile bu saniyede onbinlerce işlem olabilmektedir(Aldoubaee vd., 2023,s 5). Tablo 2’de sharding çözümleri verilmiştir.

Tablo 2. Sharding çözümleri çeşitleri

Sharding Türü	Açıklama
Network Sharding	Düğümmler farklı ağ gruplarına ayrılır, her biri sadece belirli işlemlerden sorumludur(Soltani vd.,2022, vol. 5, no. 2, pp. 89–92).
State Sharding	Blokzincirin tüm durumu parçalara bölünür ve her parça yalnızca kendi durumunu depolar(Nguyen vd., 2021,s 2).
Transaction Sharding	İşlemler farklı parçalara yönlendirilir, böylece her parça belirli işlemleri yapar(Aldoubaee vd., 2023,s 5).
Data Sharding	Blokzincir verileri farklı düğümler arasında parçalanarak depolanır(Soltani vd.,2022, vol. 5, no. 2, pp. 89–92).

Sharding tekniđi, blokzincir teknolojisinde birçok avantaj sunmaktadır. Bu yöntem sayesinde ađ, daha küçük ve bağımsız parçalara (shard'lara) bölünerek çok daha yüksek işlem hızı elde edilir. Her shard kendi işlemlerini ve verilerini işlediđi için aynı anda daha fazla işlem gerçekleştirilebilir, bu da ađın genel performansını önemli ölçüde artırır. Ayrıca sharding, ölçeklenebilirlik sorununa da etkili bir çözüm sunar. Artan kullanıcı ve işlem sayısı karşısında ađ verimli bir şekilde çalışmaya devam eder. Bununla birlikte, sharding sayesinde her düğüm yalnızca belirli bir shard'ın verilerini saklamakla yükümlü olur. Bu durum, düğümler için gerekli olan veri depolama miktarını azaltır ve sistemin daha hafif çalışmasını sağlar.

Sonuç olarak, sharding blokzincir optimizasyonu konusunda yenilikçi bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle paralel işlem yapabilme yeteneđi işlem hızlarını artırırken ađın yükünü azaltır ve daha düşük maliyetli işlemler sunar(Soltani vd.,2022, vol. 5, no. 2, pp. 89–92). Fakat güvenlik, veri bütünlüğü ve parçalar arası iletişim gibi sorunlar henüz tam olarak çözülememiştir. Gelecekte sharding'in başarıyla uygulaması, blokzincir ekosisteminin büyük ölçekli benimsenmesini hızlandıracaktır(Nguyen vd., 2021,s 2).

4.3. Konsensüs Algoritmalarının Optimizasyonu

Konsensüs algoritmalarının amacı, blokzincir ağlarının güvenliđi ve işlem doğrulamayı sağlamaktır. Fakat işlem hızı, enerji tüketimi ve merkeziyetsizlik gibi zorluklar nedeniyle optimizasyon işlemi gerekli olabilmektedir. Daha fazla işlem doğrulamak, daha düşük maliyetli ve daha hızlı bir blokzincir altyapısı için optimizasyon işlemleri kritik bir süreçtir(Azbeğ vd.,2020, ss.1-8).

4.3.1 Konsensüs Algoritmalarında Optimizasyonun Önemi

Blokszincir ağlarının temeli olan konsensüs algoritmaları, ağın güvenliğini, adem-i merkeziyetçi yapısını ve işlem doğrulama süreçlerini yönetir. Fakat ölçeklenebilirlik, enerji tüketimi, işlem hızları ve adem-i merkeziyetçilik gibi zorluklar için optimizasyon gereklidir. Konsensüs algoritmalarının optimizasyonu, daha verimli, sürdürülebilir ve güvenli blokszincir ağları oluşturmak için oldukça önemlidir(Hussein vd.,2020, ss.1-8).

Konsensüs algoritmalarında geliştirilen optimizasyonların önemli katkılarından biri, işlem hızının artırılmasıdır. Geleneksel blokszincir ağları düşük işlem kapasitesine sahiptir ve ağ yoğunluğu arttıkça performans azalır. Bu nedenle blok üretim süresini kısaltan, işlem kapasitesini artıran donanımdan ve işlem gücünden başka yapay zekaya dayalı akıllı konsensüs algoritmaları gibi ek optimizasyonlarla ağdaki yükü hafifleten yöntemler ortaya konulabilir(Azbeg vd.,2020, ss.1-8).

Blokszincir ağların yüksek enerji bir tüketimi söz konusudur. En önemli konsensüs algoritmalarından olan Proof of Work (PoW) için bu önemli bir sorundur. PoW tabanlı blokszincir ağlarının yıllık ortalama 120TWh olan enerji tüketimiyle neredeyse küçük bir ülkenin enerji tüketimine eşdeğerdir. Bu durum blokszincir ağının çevresel etkisini artırır ve madencilik işlemlerinin daha verimli hale getirilmesi gerektirir. Optimizasyon sürecinde, Proof of Stake (PoS) gibi enerji dostu alternatif mekanizmalar tercih edilerek enerji tüketimi azaltılabilir. Bunun yanında, hibrit konsensüs mekanizmaları (PoW ve PoS) kullanılarak hem güvenlik hem de enerji tüketimi azalabilir(Azbeg vd.,2020, ss.1-8).

Blokszincirlerin temeli adem-i merkezîyetçîliktir. Ancak bazı konsensüs mekanizmaları bunun tam tersi hale gelebilir. Mesela PoW, büyük ölçekli madencilik havuzlarının kontrolüne geçerek tüm ağı merkezîleştirebilir. Aynı şekilde de, büyük miktarda varlık sahipleri, PoS tabanlı sistemleri daha fazla kontrol edebilir. PoS'taki optimizasyon süreçlerinde madencilik havuzların gücünü dağıtacak mekanizmalar geliştirilmelidir ve hisse sınırlandırmaları uygulanmalıdır(Azbeğ vd.,2020, ss.2).

Sonuç olarak, konsensüs algoritmalarının optimizasyonu, blokszincir teknolojisinin sürdürülebilirliği, güvenliği ve ölçeklenebilirliği açısından kritik bir gerekliliktir. Geliştirilen yeni teknikler ve hibrit modeller, blokszincir ağlarının daha hızlı, düşük maliyetli ve çevre dostu olmasını sağlayacaktır. Gelecekte, AI destekli konsensüs modelleri, gelişmiş Layer-2 çözümleri ve çapraz zincir protokolleri ile blokszincirlerin daha ölçeklenebilir hale gelmesi beklenmektedir(Azbeğ vd.,2020, ss.1).

4.3.2 Konsensüs Algoritmaları

4.3.2.1 Proof of Work (PoW)

Satoshi Nakamoto tarafından geliştirilen PoW blokszincir platformları tarafından yayınlanan kripto güvenilirliği ve merkezi olmayan bitcoin için tasarlanan konsensüs mekanizmasıdır. Bitcoin tarafından kullanılmaktadır. PoW düğümlerin rastgele bir matematiksel özet problemi çözmesi gerekir. İşlem başarılı olduğunda zincire yeni işlemler ve veriler eklenmektedir. İşlem gücü ve katılımcı sayısı arttıkça algoritma daha güvenli olmaktadır. PoW yüksek oranda kabul görmüş bir konsensüs algoritması olmasına yine de devasa boyutlarda enerji tüketmektedir (Azbeğ vd.,2020, ss.1-3).

4.3.2.2 Proof of Stake (PoS)

PoS, blokzincirdeki düğümlerin PoW'dan farklı olarak kim ne kadar yatırım yapmışsa blokzincire o kadar blok ekleyebilmektedir. PoS, PoW'dan daha az enerji tüketmektedir ve %51 saldırılarına PoW'dan daha iyidir. PoS'de çatallanma durumu söz konusudur. Çatallanmada aynı anda 2 zincir var olur ve 2 zincirde de madencilik yapılır. Bu çatallanma saldırı olarak yapılırsa madenci bu saldırıyı destekleyebilir. Buna Nothing at Stake(tehlikede olan hiçbir şey yok) denir. PoS her zaman tek başına yeterli değildir. Bu nedenle genellikle kullanılan projeler PoS temelli çok gelişmiş algoritmalar kullanmaktadır (Hussein vd.,2020, ss.1-2).

4.3.2.3 Byzantine Fault Tolerance (BFT)

BFT, ağdaki kötü niyetli düğümlerin onaylarını geçersiz kılan bir konsensüs mekanizmasıdır. Bu mekanizma Bizanslı generallerin kullandığı bir modelden esinlenerek oluşturulmuş bir yöntemdir. Bu yöntemde imparatorlardan gelen emirlerin doğrulanması için basit ve etkili bir metot kullanılır. Emirler birden fazla ulakla gönderilir. Emirler geldiğinde ulaklar bu emri paylaşıyordu. Emirler doğrulanmışsa emir doğru olduğu kabul ediliyordu. Bu metot kritik sistemlerde başarı ile uygulanmaktadır (Hussein vd.,2020, ss.1-2).

SONUÇ VE BLOKZİNCİR OPTİMİZASYONUN GELECEĞİ

5.1 Mevcut Optimizasyonların Etkileri

Blokszincir teknolojisinin ilerlemesi sonucu, bu sistemlerde ölçeklenebilirlik, enerji tüketimi ve işlem maliyetleri gibi problemler ortaya çıkmıştır. Tüm problemleri çözülmesi amacıyla uygulanan optimizasyon teknikleri, çok daha hızlı ve verimli blokszincir sistemleri oluşturabilmek için önemli katkılar sağlamıştır. Varolan optimizasyonların işlevleri, işlem verimliliği artırma, enerji tüketimini azaltma, güvenliği güçlendirme ve adem-i merkeziyetçilik gibi alanlarda varolmaktadır(Makridakis ve Christodoulou,2020, ss.4).

En önemli optimizasyon etkilerinden biri işlem verimliliğinin artırılmasıdır. Blokszincir sistemlerinde işlemlerin onaylanma süresi uzun olabilir. Bu sorunu çözmek için Layer-2 çözümleri (Rollups, State Channels, Sidechains) ve Sharding gibi yöntemleri çözüm olarak sunulmuştur. Aynı şekilde geliştirilen Yapay zeka destekli konsensüs modelleri, blok üretim süresini azaltarak saniyede binlerce işlem gerçekleştirme kapasitesine gelmiştir(Zheng vd ,2018, ss.4).

Enerji tüketimi üzerine geliştirilen optimizasyonlar, çevresel sürdürülebilirliği olumlu yönde etkilemiştir. Aynı zamanda madencilik operasyonlarının verimliliğini de yükseltmiştir. Geleneksel konsensüs mekanizması olan Proof of Work (PoW) mekanizmasına alternatif olarak geliştirilen Proof of Stake (PoS) ve Delegated Proof of Stake (DPoS) mekanizması, elektrik tüketimini büyük oranda düşürmüş ve karbon ayak izi düşük blokszincir altyapısı hayata geçirilmiştir. Mesela, Ethereum'un PoS konsensüs mekanizmasına geçişi ağın enerji tüketimini %95 oranında azaltmıştır. Böylece, blokszincirlerin karbon ayak izini düşürerek çevresel etkisini minimize etmesini sağlamıştır(Zheng vd ,2023, ss.6).

Merkeziyetsizliği koruma ve işlem maliyetlerini azaltma açısından var olan optimizasyonlar önemli etkiler ortaya çıkarmıştır. PoS sistemlerinde stake mekanizmaları ve daha adil doğrulayıcı seçme yöntemleri, ağın merkezi hale gelmesini

önlemiştir. Böylece daha geniş bir kullanıcı kitlesinin ağın güvenliğine katkıda bulunmasını sağlamıştır. Özellikle de Polygon, Arbitrum ve Optimism gibi projeler, Ethereum'daki gas ücretlerini düşürerek kullanıcıların daha düşük ücretlerle işlem yapmasını sağlamaktadır(An vd., 2023, ss.6).

Sonuç olarak, optimizasyon teknikleri, blokzincir ağlarının verimliliğini artırmakta, enerji tüketimini azaltmakta ve adem-i merkeziyetçiliği sağlamaktadır. Layer-2 çözümleri, Sharding, hibrit konsensüs mekanizmaları ve çevresel sürdürülebilirlik odaklı optimizasyonlar, blokzincir teknolojisinin gelecekte daha verimli ve yaygın hale gelmesine sağlayacaktır. Tüm bu olaylar kurumsal firmaların blokzinciri daha fazla benimsemesini sağlayabilir, günlük kullanıcılar için daha hızlı ve düşük maliyetli işlemler sağlamaktadır. İleriki zamanlarda, yapay zeka destekli konsensüs mekanizmaları, blokzincirlerin daha ölçeklenebilir ve sürdürülebilir olmasını sağlayacaktır(Hakak vd., 2020, ss.6)..

5.2. Gelecekteki Gelişmeler ve Yapay Zeka ile İyileştirme

Gelişmekte olan Blokzincir teknolojisi, gelecekteki inovasyonlarla birlikte özellikle ölçeklenebilirlik, enerji verimliliği ve adem-i merkeziyetçilik kavramlarına daha fazla odaklanacaktır. Yapay zekadestekli sistemler, blokzincir altyapısını verimli hale getirirler ve konsensüs mekanizmalarının etkinliğini artırabilir. Gelecekte, Yapay zeka ve blokzincirin birleşimi, ademi merkeziyetçi sistemleri daha akıllı ve uyumlu hale getirecek önemli gelişmelere yol açacaktır(Deepa vd., 2020, ss.6).

Önümüzdeki yıllarda blokzincirlerin daha hızlı ve ölçeklenebilir hale gelmesi için sharding ve Layer-2 çözümlerinin daha geniş çapta benimsenmesi beklenmektedir. Ethereum 2.0'ın tam olarak devreye girmesiyle, Proof of Stake (PoS) tabanlı sistemler daha verimli çalışacak ve enerji tüketimi azalacaktır. Aynı zamanda, ZK-Rollups ve Optimistic Rollups gibi ölçeklenebilirlik çözümleri daha fazla kullanılarak ağ üzerindeki

işlem yükü düşürülecektir. Çapraz zincir (cross-chain) çözümleri, farklı blokzincirler arasında sorunsuz veri ve varlık transferini sağlayarak ekosistemler arası etkileşimi artıracaktır(Deepa vd., 2020, ss.6).

Sonuç olarak, gelecekte blokzincir ve yapay zeka entegrasyonu, daha ölçeklenebilir, güvenli ve enerji verimli sistemlerin oluşturulmasını sağlayacaktır. Yapay zeka destekli blokzincir yönetim sistemleri, anomali tespiti, akıllı konsensüs algoritmaları ve gelişmiş çapraz zincir iletişimi, merkeziyetsiz teknolojilerin daha fazla benimsenmesini hızlandıracaktır. Bu gelişmeler, finansal sistemlerden tedarik zincirine, sağlık sektöründen IoT cihazlarına kadar geniş bir kullanım alanına sahip olacak ve blokzincirin gelecekteki rolünü güçlendirecektir(Deepa vd., 2020, ss.6).

QEYD

Nakamoto, S. (2009). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*.
<https://bitcoin.org/en/bitcoin-paper>

Atabaş, H. (2018). *Technology of blockchain* (2nd ed., Vol. 4). Ceres Publications.

Güven, V., & Şahinöz, E. (2018). *Blockchain cryptocurrency Bitcoin* (3rd ed., Vol. 2). Kronik Publications.

Salah, K., Rehman, M. H. U., Nizamuddin, N., & Al-Fuqaha, A. (2019). Blockchain for AI: Review and open research challenges. *IEEE Access*, 7, 10127–10149.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2891234>

Islam, M. M., Memon, S. H., Iqbal, S., Aziz, R., Shah, M. A., & Imran, M. (2022). A survey on network optimization techniques for blockchain systems. *Algorithms*, 15(6), 193. <https://doi.org/10.3390/a15060193>

Kirmani, M. S., & Singh, M. (2020). Energy consumption in blockchain technology: A survey of the state-of-the-art. In *Blockchain technology and applications* (pp. 107–132). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0361-0_5

Khan, M. A., Jan, M. A., & Alam, M. (2023). Layer 2 solutions to improve the scalability of blockchain. In *2023 International Conference on Computer, Communications, and Electronics Engineering (ICCCEE)*. IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ICCCEE57902.2023.10039486>

Ahmad, A. K., & Ahmad, R. (2023). Layer 2 scaling solutions for blockchains. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/378813951>

Yang, Q., Huang, H., Yin, Z., Lin, Y., Chen, Q., Luo, X., Li, T., Liu, X., & Zheng, Z. (2024). The state-of-the-art and promising future of blockchain sharding. *IEEE Access*, 12, 12345–12367. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.1234567>

Aldoubae, A., Hassan, N. H., & Rahim, F. A. (2023). A systematic review on blockchain scalability. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(9), 774–784. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140981>

Soltani, P., & Ashtiani, F. (2022). Analytical modeling and throughput computation of blockchain sharding. *Journal of Blockchain Research*, 5(2), 89–102.
<https://doi.org/10.1007/s42979-022-01234-5>

Nguyen, L. N., Nguyen, T., Dinh, T. N., & Thai, M. T. (2021). OptChain: Optimal transactions placement for scalable blockchain sharding. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 18(3), 3456–3469. <https://doi.org/10.1109/TNSM.2021.3079876>

Azbeq, K., Ouchetto, O., Andaloussi, S. J., & Fetjah, L. (2020). An overview of blockchain consensus algorithms: Comparison, challenges and future directions. In *2020 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV)* (pp. 1–8). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ISCV49265.2020.9204361>

Hussein, Z., Salama, M. A., & El-Rahman, S. A. (2021). Evolution of blockchain consensus algorithms: A review on the latest milestones of blockchain consensus algorithms. *Cybersecurity*, 4(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s42400-021-00077-4>

Makridakis, S., & Christodoulou, K. (2020). Blockchain: Current challenges and future prospects/applications. *Future Internet*, 12(12), 1–19. <https://doi.org/10.3390/fi12120194>

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., & Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International Journal of Web and Grid Services*, 14(4), 352–375. <https://doi.org/10.1504/IJWGS.2018.095647>

An, M., Fan, Q., Yu, H., & Zhao, H. (2023). Blockchain technology research and application: A systematic literature review and future trends. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2306.14802>

Hakak, S., Khan, W. Z., Gilkar, G. A., Assiri, B., Alazab, M., Bhattacharya, S., & Reddy, G. T. (2020). Recent advances in blockchain technology: A survey on applications and challenges. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2009.05718>

Fernandez-Carames, T. M., & Fraga-Lamas, P. (2024). Towards post-quantum blockchain: A review on blockchain cryptography resistant to quantum computing attacks. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2402.00922>

Deepa, N., Pham, Q.-V., Nguyen, D. C., Bhattacharya, S., Prabadevi, B., Gadekallu, T. R., Maddikunta, P. K. R., Fang, F., & Pathirana, P. N. (2020). A survey on blockchain for big data: Approaches, opportunities, and future directions. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2009.00858>

ABSTRACT

Blockchain, one of today's popular technologies, is revolutionizing many sectors such as finance, healthcare, and logistics with its decentralized structure and immutability. However, blockchain has also brought with it many problems that require optimization, such as transaction speed, scalability, and energy consumption. Blockchain networks usually spend a long time on issues such as verifying transaction processes and adding them to the chain. This leads to problems such as network congestion, high transaction fees, and energy inefficiency. In this study, the technical limitations that cause these problems are discussed; different consensus algorithms are compared in terms of energy consumption, and optimization techniques developed as a solution are examined in detail.

Key words: *Blockchain, Optimization, Consensus Algorithms, Layer-2 solutions*

A SURVEY ON THE INTEGRATION OF EXPLAINABLE AI WITH LARGE LANGUAGE MODELS

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419258>

Ercan ATAGÜN

Serdar BİROĞUL

ercan.atagun@osym.gov.tr

serdarbirogul@duzce.edu.tr, serdarbirogul@ndu.edu.az

OSYM

Düzce University, Naxçıvan Dövlət Universiteti

Abstract

The rapid advancement of artificial intelligence has paved the way for significant developments in natural language processing. The most profound impact in this field has been the evolution of Large Language Models (LLMs). LLMs are generative artificial intelligence systems trained on massive datasets containing billions of words, designed to process, understand, and generate human-like text. However, concerns have arisen regarding the complexity, reliability, and transparency of artificial intelligence. These concerns have driven the emergence and widespread adoption of Explainable Artificial Intelligence (XAI). Issues such as the "black box" nature of large language models, their lack of transparency, and data hallucination highlight the necessity of XAI approaches. This study explores the interaction between XAI and LLMs and examines the potential benefits of integrating these two fields. The anticipated benefits include fostering new application areas in both academia and industry while enhancing reliability.

Keyword: Explainable AI, xai, Large Language Models, llm.

1. INTRODUCTION

Explainable Artificial Intelligence (XAI) is a technology designed to provide insight into how and why an artificial intelligence system makes specific decisions. With XAI, decisions, predictions, and outcomes can be understood from both the user and developer perspectives. It emphasizes transparency in AI decision-making processes, ensuring greater interpretability and trust. This transparency enhances the reliability of AI-driven decisions, particularly in critical fields such as healthcare, law, and finance. As a result, AI systems will continue to be integrated into various aspects of daily life, expanding their applications across numerous domains. Large Language Models (LLMs) are sophisticated AI systems created to analyze, comprehend, and

produce text that resembles human language. These models utilize deep learning techniques, particularly neural networks known as transformers. LLMs are trained on massive datasets containing billions of words, enabling them to grasp various aspects of language, including grammar, context, and general knowledge. Commonly used terms related to XAI and LLMs are illustrated in Figure 1.



Figure 1. XAI and LLM Terms

To use LLMs efficiently, certain hardware requirements must be met. The most crucial of these is the GPU (Graphics Processing Unit). It is essential to determine the minimum memory capacity (VRAM) required for the specific LLM in use. Calculating the GPU memory requirements of LLMs involves considering factors such as the number of model parameters and the type of data used. One effective method for reducing memory requirements is using low-precision calculations, which play a critical role in optimizing model efficiency. By adopting quantization techniques, large models can be run more efficiently on hardware with limited GPU memory, making them more accessible and scalable for real-world applications.

1.1. Literature Review

This section presents studies that integrate XAI and LLMs. Doriya et al. explored auto-augmentation, which refers to automatic data augmentation using generative AI (Doriya et al., 2024), and combined it with explainability. DeGrave et al. used dermatologists' expertise to enhance dermatoscopic and clinical skin images with generative AI and then analyzed them using XAI for interpretability (DeGrave et al., 2023). Dai developed a model to detect Crohn's disease from computed tomography (CT enterography) reports using a specific LLM and provided model interpretability through XAI (Dai, 2023). Sano and Kawabata designed an application combining LLM and XAI (Sano & Kawabata, 2024) for facial editing, beautification, and makeup recommendations. Nazary et al. focused on improving LLMs for diagnostic processes and increasing their explainability with XAI (Nazary et al.). Fiori et al. proposed an evaluation method using LLMs to determine the most suitable XAI (Fiori et al., 2024) approach for non-expert users in the healthcare field. Castelnovo et al. developed a

personalized customer recommendation system(Castelnovo et al., 2024) for the banking sector using LLM and XAI approaches. Their study also explored how LLMs impact assets in company balance sheets across different industries. Yoshika created a regression model (Yoshika, 2024) by generating balance sheet data with LLMs, using financial statements from companies listed on the Tokyo Stock Exchange. The study further investigated the transparency of the model using XAI. Mudabbiruddin et al. discussed the transition process of material design from Deep Learning (DL) methods to LLMs, incorporating XAI to enhance interpretability (Mudabbiruddin et al., 2024). Balayn et al. focused on the explainability and transparency of AI systems (Balayn et al., 2024), particularly in the design of supply chains using LLMs. Nicholls et al. introduced an innovative multimodal approach (Nicholls et al., 2023) for XAI in cybercrime detection, enhancing contextual narratives through LLMs. Limonad et al. investigated the use of LLMs for sentiment analysis and explainability, developing a post-hoc model-independent method (Limonad et al., 2024). They applied this method in finance, using news feed data on market prices. Bhattacharjee et al. emphasized the challenges of explainability in text classification and leveraged instruction-following (Bhattacharjee et al., 2024) and textual understanding capabilities of LLMs to improve transparency. Wang et al. developed LLMCheckup, an XAI-based approach (Wang et al., 2024) designed to provide explainability for users interacting with LLMs, particularly for non-experts. Ali and Kostakos explored the integration of LLMs and XAI for network anomaly detection (Ali & Kostakos, 2023). One of the most widely applied areas for LLMs is the legal sector. Sachan and Liu examined the responsible use of Generative AI in legal research (Sachan & Liu, 2024), particularly in pre-trial decision preparation, integrating XAI to ensure ethical and reliable applications. Lucchese et al. proposed an approach (Lucchese et al., 2023) to explain the inner workings of LLMs in document querying for Information Retrieval (IR) problems. Blowers et al. examined biases, ethical violations, security breaches, and potential misuses in LLM training data, along with challenges related to interpretability using XAI (Blowers et al., 2024). Frank et al. developed an Intelligent Tutoring System (Frank et al., 2024) powered by LLMs, integrating XAI to enhance interpretability. Mavrepis et al. introduced "x-[plAIIn]" (Mavrepis et al., 2024) an approach that enhances explanation generation and improves the accessibility of LLMs. Hu et al. developed integrated gradients (Hu et al., 2024), a method for LLM transparency and explainability, applying it to messages in Massive Open Online Courses (MOOCs). Powell and Riccardi combined LLMs and knowledge graphs to address the question-answering problem (Powell & Riccardi, 2023), leveraging natural language queries to enhance interpretability with XAI. Raikov et al. examined traditional XAI inferences

(Raikov et al., 2024) by considering the cognitive semantic interpretations of LLMs. Bauer et al. used LLMs to detect suicidal tendencies on a public web discussion platform (Reddit) and provided explanations with XAI (Bauer et al. 2024). Bhattacharjee et al. studied zero-shot counterfactual explanations (Bhattacharjee et al., 2024) generated by LLMs for interpreting black-box NLP models. Singh et al. explored LLMs in terms of interpretation and explanation (Singh et al., 2024) focusing on hallucination issues and computational costs. Agiollo et al. investigated the use of LLMs to generate explanations for XAI (Agiollo et al., 2024), emphasizing the lack of approaches in the NLP field that generate global explanations using local knowledge. Cheng et al. developed LLM Analyzer (Cheng et al., 2024) to enhance the explainability of LLMs by modifying or removing text segments, thereby supporting analysis and interpretability. Datta and Dickerson argued that experiences from the field of XAI should also be applied to LLMs, suggesting that factors such as human cognitive biases should play a central role in evaluation methodologies (Datta and Dickerson, 2023). Zyteck et al. examined how LLMs for explainability can be leveraged to make explanations produced (Zyteck et al. 2024) by existing XAI algorithms more natural and comprehensible. Recently, there has been a need to shift the focus of XAI towards LLMs, largely because these models are often criticized for their uncertainty. This shift requires a major change in XAI approaches for two main reasons. First, many existing XAI techniques cannot be directly utilized with LLMs due to their intricate and advanced nature. Second, as LLMs are increasingly deployed in industrial applications, XAI is no longer solely focused on opening up "black box" models, but is also actively addressing productivity and applicability concerns of LLMs. Wu et al. explored how XAI can enhance (Wu et al., 2024) LLMs and other AI systems, as well as how LLMs can contribute to the advancement of XAI. Schneider examined new requirements and objectives for explainability in generative AI, introducing his approach (Schneider, 2024), GenXAI. Cambria et al. conducted research (Cambria et al., 2024) on improving LLM performance through XAI, incorporating functional enhancements to interpretability. Sebin et al. [38] provided a comprehensive review on the significance of LLMs and XAI, highlighting the success of LLMs in explaining XAI outputs. Zhao et al. introduced a taxonomy of explainability techniques (Zhao et al., 2024). In recent years, LLMs have been enhancing the learning process through techniques such as prompt engineering, retrieval-augmented generation (RAG), and fine-tuning.

2. CURRENT PROBLEMS OF LLMS

Although LLMs are widely used, several challenges hinder their broader adoption and raise concerns regarding their reliability and ethical implications. Some of the major issues associated with LLMs include: Duplication, Bias, Hallucination, Harassment, Racism, Privacy concerns, Reliability, Non-existent sources, Incorrect citations, Manipulation. The integration of LLMs and XAI will help accelerate the process of addressing these challenges. This collaboration will contribute to making LLMs and other AI systems more accountable, interpretable, and aligned with ethical and regulatory standards.

Hallucination occurs when an LLM generates false or misleading information that is not based on facts or the data it was trained on. This issue arises when an LLM attempts to produce seemingly reasonable responses by extrapolating from existing knowledge. For example, an LLM might provide an incorrect date or misidentify names. Hallucinations can appear throughout an entire response, in specific sections, or within finer details of the generated content. Making inaccurate claims can lead to serious consequences, particularly depending on the application in which the LLM is used. With XAI, it becomes possible to identify when and where LLMs generate hallucinations. Therefore, XAI should be widely integrated into LLM systems to enhance their reliability, transparency, and accuracy.

The data sources used to train LLMs remain a subject of ongoing debate. As these models continue to evolve, legal regulations will be necessary in the future to ensure compliance with data privacy standards. Additionally, LLM-generated content may sometimes lead to violations of data privacy, either by inadvertently disclosing sensitive information or generating outputs that conflict with privacy regulations. By leveraging XAI approaches, it will be possible to identify the sources LLMs rely on while generating content. This transparency will facilitate the development of regulatory frameworks to ensure that LLMs adhere to data privacy laws and ethical guidelines.

Bias refers to prejudiced or unfair outcomes in LLM-generated content, often stemming from imbalanced or biased training data. Addressing bias is essential to ensuring that artificial intelligence is used ethically and fairly. Bias in LLMs can lead to prejudices against certain communities or reinforce existing stereotypes in generated content. LLMs trained on biased datasets are particularly prone to these issues. For example, if an LLM is trained on data that only represents one side of a debate, it will struggle to present a balanced perspective, ultimately reinforcing one-sided viewpoints for users. By integrating XAI approaches into LLMs, it becomes

possible to identify and mitigate bias, helping to ensure that these models generate fair, unbiased, and ethical content.

From a technological perspective, harassment can be defined as LLMs generating harmful or degrading content that targets individuals or groups within society. As LLMs advance, so do the ways in which technology can be misused, making harassment a growing concern in the realm of AI-generated content. One major risk is that LLMs may be trained on maliciously created textual data, leading to the potential generation of offensive, harmful, or discriminatory content. By integrating XAI approaches with LLMs, it becomes possible to identify and mitigate the factors contributing to harassment. This would allow for preventive measures to be implemented, ensuring that LLMs operate within ethical boundaries and do not propagate harmful content.

Racism can be defined as the humiliation, discrimination, or restriction of rights based on race, ethnicity, or skin color. Racism can have a profound impact on human relationships, contributing to division and injustice within societies. As LLMs become increasingly integrated into various applications, there is a risk that they may perpetuate or amplify racial biases present in their training data. If not properly addressed, biased AI-generated content could further reinforce systemic inequalities rather than promote social peace and justice. By leveraging XAI approaches, LLMs can be analyzed to identify and mitigate biased patterns that contribute to racial discrimination. This would allow for the necessary corrective measures to be implemented, ensuring that LLMs generate fair, inclusive, and unbiased content.

The reliability of LLM-generated content is a critical concern, especially when incomplete or inaccurate information is provided. A lack of reliability in decision-making processes or information retrieval can lead to misinformed choices that may have serious consequences. Both individuals and societies can be affected by unreliable outputs from LLMs. Additionally, if an LLM cites incorrect or non-existent sources, it further undermines trust and raises concerns about the credibility of AI-generated information. Integrating XAI approaches with LLMs can help enhance reliability by making AI-generated content more transparent, verifiable, and accountable. This would enable users to better assess the trustworthiness of information and ensure that LLMs operate within ethical and factual boundaries.

An LLM may cite a non-existent source when generating content, which can severely damage the credibility of both the LLM itself and the user relying on its output. In academic research, citing a non-existent source constitutes an ethical violation and undermines the integrity of scholarly work. Furthermore, providing

fabricated references contributes to the spread of false or misleading information, ultimately distorting social perception and public discourse. This issue not only misguides readers but also wastes researchers' time, as they may attempt to locate and verify sources that do not exist. Addressing this challenge is essential to ensuring the accuracy and reliability of AI-generated content.

LLMs are designed to learn from user interactions, especially during beta testing phases. In such cases, users often challenge or provide feedback on LLM-generated content when they believe it to be incorrect. This user input allows LLMs to refine their responses and improve their accuracy over time. While this adaptability can be beneficial for learning correct information, it also presents a major risk LLMs can be manipulated by users who deliberately introduce misinformation. If an LLM is trained or influenced by false or misleading data, it may continue to propagate incorrect information to subsequent users. Thus, manipulation poses a significant threat to both LLMs and their users. To mitigate this issue, XAI approaches should be integrated into LLMs, allowing for greater control and monitoring over potential manipulations, ensuring that misinformation does not spread unchecked. This study examines the application of XAI approaches in conjunction with LLMs, focusing on their advantages and necessity. A review of the existing literature reveals that XAI approaches are typically applied after the LLM content generation process or following supervised or unsupervised learning phases. However, this study proposes that XAI approaches should be integrated earlier and more frequently in LLM workflows to enhance transparency, reliability, and interpretability. Figure 2 illustrates the architecture of the proposed model, which incorporates XAI at earlier stages of LLM processes to ensure greater control and explainability.

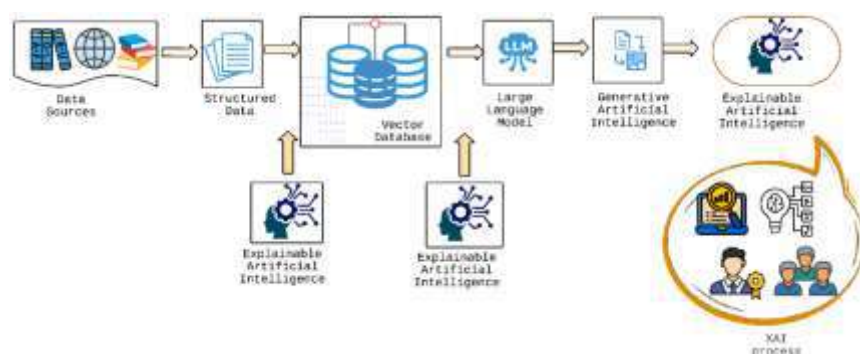


Figure 2. Proposed model

3. CONCLUSION

Integrating XAI approaches with LLMs will help mitigate key challenges, including duplication, bias, hallucination, harassment, racism, privacy concerns

(identifying which data is used), reliability issues (incomplete information), incorrect citations (non-existent references), and susceptibility to manipulation. By addressing these issues, XAI can help break existing prejudices against LLMs, ultimately expanding their applications and use cases for the benefit of society. Applying XAI approaches alongside techniques such as Named Entity Recognition (NER) and Part-of-Speech (POS) tagging in LLMs can further contribute to reducing hallucination and other reliability concerns. This study provides a general overview of XAI approaches for LLMs, emphasizing the importance of transparency and interpretability in building trust in AI-generated content. Additionally, it outlines the specific problems XAI can help address in LLMs and how it can enhance their reliability and ethical use. By presenting these insights, this study aims to lay a broader foundation for future research on LLMs and XAI, fostering advancements in responsible and explainable AI systems.

REFERENCE

- Agiollo, A., Siebert, L. C., Murukannaiah, P. K., & Omicini, A. (2024). From large language models to small logic programs: building global explanations from disagreeing local post-hoc explainers. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 38(2), 32.
- Ali, T., & Kostakos, P. (2023). HuntGPT: Integrating machine learning-based anomaly detection and explainable AI with large language models (LLMs). *arXiv preprint arXiv:2309.16021*.
- Balayn, A., Corti, L., Rancourt, F., Casati, F., & Gadiraju, U. (2024). Understanding Stakeholders' Perceptions and Needs Across the LLM Supply Chain. *arXiv preprint arXiv:2405.16311*.
- Bauer, B., Norel, R., Leow, A., Rached, Z. A., Wen, B., & Cecchi, G. (2024). Using Large Language Models to Understand Suicidality in a Social Media-Based Taxonomy of Mental Health Disorders: Linguistic Analysis of Reddit Posts. *JMIR mental health*, 11, e57234.
- Bhattacharjee, A., Moraffah, R., Garland, J., & Liu, H. (2024). Towards llm-guided causal explainability for black-box text classifiers. In *AAAI 2024 Workshop on Responsible Language Models*, Vancouver, BC, Canada.
- Bhattacharjee, A., Moraffah, R., Garland, J., & Liu, H. (2024). Zero-shot LLM-guided Counterfactual Generation for Text. *arXiv preprint arXiv:2405.04793*.
- Blowers, M., Salinas, S., & Bailey, S. (2024, June). Risk considerations for the department of defense's fielding of large language models. In *Disruptive Technologies in Information Sciences VIII* (Vol. 13058, pp. 151-161). SPIE.
- Cambria, E., Malandri, L., Mercurio, F., Nobani, N., & Seveso, A. (2024). XAI meets LLMs: A Survey of the Relation between Explainable AI and Large Language Models. *arXiv preprint arXiv:2407.15248*.

Castelnovo, A., Depalmas, R., Mercorio, F., Mombelli, N., Potertì, D., Serino, A., ... & Viola, L. (2024, July). Augmenting XAI with LLMs: A Case Study in Banking Marketing Recommendation. In *World Conference on Explainable Artificial Intelligence* (pp. 211-229). Cham: Springer Nature Switzerland.

Cheng, F., Zouhar, V., Chan, R. S. M., Fürst, D., Strobel, H., & El-Assady, M. (2024). Interactive Analysis of LLMs using Meaningful Counterfactuals. *arXiv preprint arXiv:2405.00708*.

Datta, T., & Dickerson, J. P. (2023). Who's Thinking? A Push for Human-Centered Evaluation of LLMs using the XAI Playbook. *arXiv preprint arXiv:2303.06223*.

DeGrave, A. J., Cai, Z. R., Janizek, J. D., Daneshjou, R., & Lee, S. I. (2023). Auditing the inference processes of medical-image classifiers by leveraging generative AI and the expertise of physicians. *Nature Biomedical Engineering*, 1-13.

Doriya, R., Lachure, J., & Doriya, R. (2024, January). Robust and Explainable AI: Auto-Augment with Label Preservation and Saliency Parameters. In *2024 Third International Conference on Power, Control and Computing Technologies (ICPC2T)* (pp. 298-303). IEEE.

Fiori, M., Civitarese, G., & Bettini, C. (2024). Using Large Language Models to Compare Explainable Models for Smart Home Human Activity Recognition. *arXiv preprint arXiv:2408.06352*.

Frank, L., Herth, F., Stuwe, P., Klaiber, M., Gerschner, F., & Theissler, A. (2024, May). Leveraging GenAI for an Intelligent Tutoring System for R: A Quantitative Evaluation of Large Language Models. In *2024 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1-9). IEEE.

Hu, Y., Giacaman, N., & Donald, C. (2024). Enhancing Trust in Generative AI: Investigating Explainability of LLMs to Analyse Confusion in MOOC Discussions. In *LAK Workshops* (pp. 195-204).

Limonad, L., Fournier, F., Díaz, J. M. V., Skarbovsky, I., Gur, S., & Lazcano, R. (2024). Monetizing Currency Pair Sentiments through LLM Explainability. *arXiv preprint arXiv:2407.19922*.

Lucchese, C., Minello, G., Nardini, F. M., Orlando, S., Perego, R., & Veneri, A. (2023, October). Can Embeddings Analysis Explain Large Language Model Ranking?. In *Proceedings of the 32nd ACM International Conference on Information and Knowledge Management* (pp. 4150-4154).

Mavrepis, P., Makridis, G., Fatouros, G., Koukos, V., Separdani, M. M., & Kyriazis, D. (2024). XAI for all: Can large language models simplify explainable AI?. *arXiv preprint arXiv:2401.13110*.

Mudabbiruddin, M., Mosavi, A., & Imre, F. (2024, April). From Deep Learning to ChatGPT for Materials Design. In *2024 IEEE 11th International Conference on Computational Cybernetics and Cyber-Medical Systems (ICCC)* (pp. 1-8). IEEE.

Nazary, F., Deldjoo, Y., Di Noia, T., & di Sciascio, E. (2024). XAI4LLM. Let Machine Learning Models and LLMs Collaborate for Enhanced In-Context Learning in Healthcare. *arXiv preprint arXiv:2405.06270*.

Nicholls, J., Kuppa, A., & Le-Khac, N. A. (2023). Enhancing illicit activity detection using xai: A multimodal graph-llm framework. arXiv preprint arXiv:2310.13787.

Powell, C., & Riccardi, A. (2023). Question answering over knowledge graphs for explainable satellite scheduling. Available at SSRN 4833242.

Raikov, A., Giretti, A., Pirani, M., Spalazzi, L., & Guo, M. (2024). Accelerating human-computer interaction through convergent conditions for LLM explanation. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7, 1406773.

Sachan, S., & Liu, X. (2024). Blockchain-based auditing of legal decisions supported by explainable AI and generative AI tools. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 129, 107666.

Sano, T., & Kawabata, H. (2024). Exploring Predictors of Facial Impressions: An Integrated Approach Utilizing VAE, Grad-CAM, and GPT-4V.

Schneider, J. (2024). Explainable Generative AI (GenXAI): A Survey, Conceptualization, and Research Agenda. arXiv preprint arXiv:2404.09554.

Sebin, Busra; Taskin, Nazim; and Mehdiyev, Nijat, "Exploring the Intersection of Large Language Models (LLMs) and Explainable AI (XAI): A Systematic Literature Review (Research-in-Progress)" (2024). CONF-IRM 2024 Proceedings. 25.

Singh, C., Inala, J. P., Galley, M., Caruana, R., & Gao, J. (2024). Rethinking interpretability in the era of large language models. arXiv preprint arXiv:2402.01761.

Wang, Q., Anikina, T., Feldhus, N., van Genabith, J., Hennig, L., & Möller, S. (2024). LLMCheckup: Conversational examination of large language models via interpretability tools. arXiv preprint arXiv:2401.12576.

Wu, X., Zhao, H., Zhu, Y., Shi, Y., Yang, F., Liu, T., ... & Liu, N. (2024). Usable XAI: 10 strategies towards exploiting explainability in the LLM era. arXiv preprint arXiv:2403.08946.

YOSHIOKA, T. (2024). Valuation of Intangible Fixed Assets Using Generative Artificial Intelligence and Machine Learning. *Journal of Management Science*, 13, 27-36.

Zhao, H., Chen, H., Yang, F., Liu, N., Deng, H., Cai, H., ... & Du, M. (2024). Explainability for large language models: A survey. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, 15(2), 1-38.

Zytek, A., Pidò, S., & Veeramachaneni, K. (2024). LLMs for XAI: Future Directions for Explaining Explanations. arXiv preprint arXiv:2405.06064.

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ KALİTE KONTROL SİSTEMLERİNİN UYGULANABİLİRLİĞİ: ÖLÇÜM VE MONTAJ SÜREÇLERİNE YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419279>

Tuğba KARTAL

Emre AŞÇI

ÖZET

Bu çalışma, otomotiv sektöründe üretim süreçlerinde karşılaşılan parça izlenebilirliği ve montaj hatalarını önlemeye yönelik, yapay zekâ destekli entegre bir kalite kontrol sisteminin geliştirilmesini ve uygulanabilirliğini konu almaktadır. Literatürde sınırlı sayıda yer bulan bu tür bütünlük yaklaşımların, hem ölçüm hem de montaj doğruluğu açısından üretim süreçlerine katkısı incelenmiştir. Çalışmada geliştirilen model, parça başına benzersiz kimlik ataması, mikron düzeyinde hassasiyetle çalışan havalı master sistemi ve kamera tabanlı montaj kontrolü bileşenlerinden oluşmaktadır.

Saha uygulaması, Türkiye'de faaliyet gösteren bir otomotiv yan sanayi işletmesinde gerçekleştirilmiş ve geliştirilen sistemin, parça mükemmeliğini önlemede ve montaj doğruluğunu artırmada etkili olduğu gözlemlenmiştir. Derin öğrenme algoritmaları ile desteklenen yazılım mimarisi sayesinde, hatalı parçalar üretim hattında gerçek zamanlı olarak tespit edilerek işleme alınmış, üretim kalitesi ve verimliliği artırılmıştır.

Uygulama sonuçlarına göre, önerilen sistemin kullanıldığı pilot üretim hattında 2024 yılı içerisinde 213 müşteri şikayetinin önüne geçilmiş; ayrıca yaklaşık 6000 Euro ayıklama ve 3400 Euro tamir maliyetinden tasarruf sağlanmıştır. Bu çıktılar, geliştirilen yapay zekâ tabanlı kontrol sisteminin yalnızca kalite güvencesi açısından değil, aynı zamanda operasyonel maliyetler açısından da anlamlı katkılar sunduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, benzer üretim ortamlarında sistemin yaygınlaştırılabilirliğine ilişkin güçlü göstergeler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Otomotiv Üretimi, Kalite Kontrol, Havalı Master, Görüntü İşleme, İzlenebilirlik, Montaj Doğrulama

Applicability of AI-Based Quality Control Systems in the Automotive Industry: A Model Proposal for Measurement and Assembly Processes

ABSTRACT

This study focuses on the development and applicability of an integrated artificial intelligence-supported quality control system designed to prevent traceability issues and assembly errors in automotive production processes. While such integrated approaches are relatively scarce in the existing literature, this study examines their contributions to both measurement precision and assembly accuracy. The proposed model consists of three core components: the assignment of a unique identifier to each part, a pneumatic gauge system with micron-level precision, and a camera-based assembly verification unit.

A pilot implementation was carried out in an automotive supplier facility in Turkey, and the developed system proved effective in preventing part duplication and improving assembly accuracy. Supported by deep learning algorithms, the software architecture enables real-time identification and handling of defective parts on the production line, thereby enhancing both production quality and efficiency.

According to the application results, the pilot production line employing the proposed system prevented 213 customer complaints in 2024 and achieved cost savings of approximately €6000 in sorting and €3400 in repair expenses. These findings indicate that the AI-based control system contributes not only to quality assurance but also to operational cost efficiency. The outcomes provide strong evidence for the scalability and generalizability of the system to similar production environments.

Keywords: Artificial Intelligence, Automotive Manufacturing, Quality Control, Pneumatic Gauge, Image Processing, Traceability, Assembly Verification

**DƏRİN ÖYRƏNMƏ VƏ MAŞIN ÖYRƏNMƏSİ TEXNOLOGİYALARININ RƏQƏMSAL
SU NİŞANLAMA SİSTEMLƏRİNDƏ TƏTBİQİ**
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419287>

Abdurahman VAQİFLİ
avaqifli77@gmail.com
Azərbaycan Texniki Universiteti

XÜLASƏ

Bu məqalədə dərin və maşın öyrənməsi texnologiyalarının rəqəmsal su nişanlama sistemlərində tətbiqi araşdırılır. Ənənəvi su nişanlama üsulları (LSB, DCT, DWT) ilə müqayisədə öyrənən modellər daha davamlı və çevik yanaşmalar təklif edir. Məqalədə ML və DL modellərinin (SVM, CNN, GAN, Autoencoder və s.) su nişanı yerləşdirmə və aşkarlama prosesində rolu, hücumlara qarşı dayanıqlılığı və praktiki üstünlükləri izah olunur. Müasir təhlükəsizlik ehtiyacları baxımından bu texnologiyaların istifadəsinin əhəmiyyəti və gələcək perspektivləri təhlil edilir.

Açar sözlər: *Su nişanlama, Maşın öyrənməsi, Dərin öyrənmə, Rəqəmsal təhlükəsizlik, Rəqəmsal müəllif hüquqları*

Rəqəmsal texnologiyaların sürətli inkişafı informasiya təhlüksizliyinin yeni aspektlərini gündəmə gətirmişdir. Müəllif hüquqlarının qorunması, məzmunun mənsəyinin izlənməsi və saxtakarlığın qarşısının alınması müasir dövrün vacib problemləri sırasındadır. Xüsusilə süni intellektin inkişafı ilə bərabər, generativ alqoritmlərlə yaradılan şəkil, video və digər vizual materialların geniş yayılması, onların etibarlılığını və orijinallığını sübut etmə zərurətini artırmışdır.

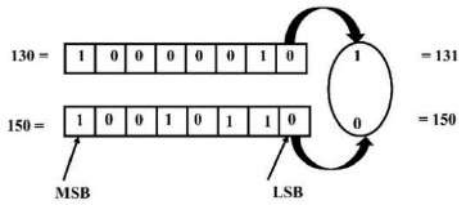
Bu kontekstdə rəqəmsal su nişanlama texnologiyaları böyük əhəmiyyət kəsb edir. Su nişanları vasitəsilə şəkillərə, videolara və sənədlərə görünməyən, amma alqoritmlərlə aşkarlana bilən identifikasiya elementləri əlavə olunur. Ənənəvi üsullarla müqayisədə, dərin öyrənmə (deep learning) və maşın öyrənməsi (machine learning) texnologiyaları bu sahədə yeni imkanlar açır: həm daha möhkəm, həm də daha çevik su nişanlama sistemləri yaratmaq mümkün olur.

2. Su Nişanlama Texnologiyalarına Qısa Baxış

Rəqəmsal su nişanlama texnologiyaları iki əsas kateqoriyaya ayrılır: məkan domeni (spatial domain) və tezlik domeni (frequency domain) üsulları. Bu metodlar görüntünün piksel dəyərləri və ya transformasiya olunmuş komponentləri üzərində dəyişiklik etməklə məlumatı kodlaşdırırlar.

2.1. Məkan domeni (LSB)

Pikselin ən az əhəmiyyətli biti (Least Significant Bit) dəyişdirilərək su nişanı kodlaşdırılır. Bu metod sadə və sürətli olsa da, asanlıqla silinə bilər.



Şəkil 1. Əsas ən az əhəmiyyətli bit (LSB) texnikası nümunəsi.

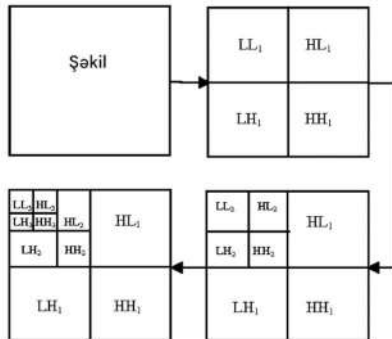
2.2. Tezlik domeni (DCT, DWT)

DCT (Discrete Cosine Transform) əlavə edilən məlumatı daha görünməz edir, çünki şəkilin struktur komponentlərində gizlədir.



Şəkil 2. Ənənəvi DCT əsaslı su nişanı iş axını.

DWT (Discrete Wavelet Transform) şəkilin aşağı tezlikli komponentlərində su nişanı yeridilərək daha dayanıqlı qoruma təmin edir.



Şəkil 3. Ənənəvi DWT əsaslı su nişanı iş axını.

Bu üslublar su nişanlama texnologiyalarının fundamentini qoysa da, onlar dinamik və kompleks hücumlar qarşısında daha az effektiv ola bilər. Buna görə son illərdə öyrənmə sistemlərinə, yəni ML və DL modellərinə maraq artmışdır.

3. Maşın Öyrənməsi (ML) əsaslı Su Nişanlama

Maşın öyrənməsi statistiki modellər əsasında təlim verilmiş verilənləri analiz edərək yeni görüntülərə su nişanlarının olub-olmadığını avtomatik olaraq müəyyən edə bilər. Burada təlim əsasında öyrədilmiş model yeni görüntünü "nişanlı" və ya "nişansız" olaraq sinifləndirir.

3.1. Tətbiq olunan ML metodları:

1. SVM (Support Vector Machines)
2. Random Forest
3. KNN (k-Nearest Neighbors)

Bu modellərə şəkillər üzərində xüsusiyyətlər (şəkilin kontrastı, teksturası və s.) çıxarılıb verilir və model bu parametrlər əsasında su nişanın mövcudluğunu qiymətləndirir.

4. Dərin Öyrənmə (Deep Learning) Texnologiyaları

Dərin öyrənmə modelləri, xüsusilə CNN (Convolutional Neural Networks), su nişanlama sistemlərində inqilabi yanaşma yaratmışdır. CNN-lər şəkilin piksellər arxasındakı strukturu, teksturası, kənarlıqları və xüsusilə məkan-tezlik əlaqələrini avtomatik öyrənir.

4.1. CNN modeli əsaslı yanaşma:

1. Şəkil input kimi verilir
2. CNN qatları su nişanın yerləşdirildiyi yerləri öyrənir
3. Dekoder modeli bu su nişanı oxuyur və ya yoxlayır

Bu modellər JPEG sıxılması, Gaussian səs-küyü, döndərmə və kəsmə kimi hücumlara qarşı daha davamlıdır.

5. GAN və Autoencoder Modelləri ilə Su Nişanlama

GAN-lar (Generative Adversarial Networks) real görüntüyə oxşar su nişanlı şəkillər yaradaraq, həm müdafiə (generator) həm də təcavüzkar (discriminator) kimi işləyir. Bu yanaşma saxta şəkilli hücumlara qarşı çox effektivdir.

Autoencoder-lər veriləni öncə kodlayır (encoder), daha sonra bərpə edir (decoder). Su nişanı encoder hissəsində gizlədilərək çıxışda yenidən ortaya çıxar.

6. Üstünlüklər, Çətinliklər və Gələcək Perspektivlər

Yanaşma	Üstünlük	Çətinlik
Ənənəvi	Hesablama tezliyi, əməliyyatların sadəliyi	Hücumlara qarşı zəif müdafiə
ML	Avtomatik aşkarlama	Təlim datasına ehtiyac
DL	Yüksək davamlılıq, öz-özünə öyrənə bilmə bacarığı	Hesablama gecliyi və əməliyyat çətinliyi

Gələcəkdə bu texnologiyaların daha şəffaf, etik və təhlüksiz formada tətbiqi üçün beynəlxalq standartlara ehtiyac vardır.

7. Nəticə

Dərin və maşın öyrənmə texnologiyaları su nişanlama sistemlərinə yeni imkanlar qazandırır. Bu metodlar daha davamlı, adaptiv və avtomatlaşdırılabilən yanaşmalar təklif edir. Rəqəmsal dövrdə məzmunun etibarlılığını qorumaq üçün bu yanaşmalar əvəzolunmaz rol oynayır. Bununla yanaşı, etik, texniki və təhlüksizlik aspektləri də daim izlənilməlidir.

ƏDƏBİYYAT

1. Baluja, S. (2017). Hiding Images in Plain Sight: Deep Steganography. arXiv preprint arXiv:1703.00371.
2. Goodfellow, I. et al. (2014). Generative Adversarial Nets. Advances in Neural Information Processing Systems.

3. Luo, X., He, H., & Huang, Q. (2020). Robust digital watermarking using CNN. IEEE Access, 8, 182820-182830.
4. Zhang, J., & Wang, R. (2022). WatermarkNet: A CNN-Based End-to-End Framework for Robust Image Watermarking. Journal of Visual Communication and Image Representation, 78.
5. Zhu, J., Kaplan, L., Johnson, R., & Wu, X. (2021). Deep learning-based image watermarking: A comprehensive review. Information Fusion, 67, 90-110. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2021.08.002>

ABSTRACT

Abdurahman Vagifli

APPLICATION OF DEEP LEARNING AND MACHINE LEARNING TECHNOLOGIES IN DIGITAL WATERMARKING SYSTEMS

This paper explores the application of deep learning and machine learning technologies in digital watermarking systems. Compared to traditional methods (LSB, DCT, DWT), learning-based models offer more robust and adaptive approaches. The roles of ML and DL models (such as SVM, CNN, GAN, and Autoencoders) in embedding and detecting watermarks are discussed, along with their resilience against various attacks. The study highlights the importance of these technologies in ensuring digital content security and outlines future directions.

Key words: Watermarking, Machine learning, Deep learning, Digital security, Digital copyright

АННОТАЦИЯ

Абдурахман Вагыфлы

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОГО ВОДЯНОГО ЗНАКА

В данной статье рассматривается применение технологий глубокого и машинного обучения в системах цифрового водяного знака. В отличие от традиционных методов (LSB, DCT, DWT), обучающиеся модели обеспечивают более устойчивую и гибкую защиту. Описаны роли моделей машинного обучения (SVM) и глубокого обучения (CNN, GAN, Autoencoder) в процессах встраивания и обнаружения водяных знаков, а также их устойчивость к атакам. Проанализированы преимущества таких систем и их значение в обеспечении цифровой безопасности.

Ключевые слова: Водяной знак, Машинное обучение, Глубокое обучение, Цифровая безопасность, Авторские права в цифровую эпоху

RELIABILITY ANALYSIS OF SURFACE TRACKING METHOD USING CLASSIFICATION METHODS (SVM, RANDOM FOREST, XGBOOST) WITH WHALE SWARM OPTIMIZATION

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419302>

¹Ertuğrul ADIGÜZEL
eadiguzel@iuc.edu.tr

²Nadir SUBAŞI
nadir.subasi@klu.edu.tr

¹Aysel ERSOY
aersoy@edu.tr

¹Department of Electrical and Electronics Engineering, Istanbul University-Cerrahpasa, Türkiye

²Department of Computer Engineering, Kırıkkale University, Türkiye

ABSTRACT

This study presents a comprehensive reliability analysis of a surface tracking methodology integrating machine learning classifiers—Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), and Extreme Gradient Boosting (XGBoost)—optimized via the Whale Optimization Algorithm (WOA). The framework addresses surface degradation detection by leveraging experimental data from epoxy/MgO nanocomposite materials subjected to hydro-aging and electrical tracking conditions. Features representing physical and electrical behaviors were engineered and subjected to advanced preprocessing and classification workflows. WOA was employed for hyperparameter tuning and feature importance calibration, aiming to improve model robustness and accuracy. Results indicate that XGBoost, when optimized with WOA, outperforms SVM and RF in all metrics, achieving 92.3% accuracy and a macro F1-score of 0.94, with enhanced generalizability and resilience to class imbalance. The study underlines the critical importance of nature-inspired optimization in classification pipelines and provides a robust blueprint for predictive modeling in materials reliability applications.

Keywords: Surface tracking, Reliability analysis, Whale Optimization Algorithm (WOA), Machine learning classification, XGBoost, Hyperparameter tuning

1. Introduction

The reliability analysis of a surface tracking method that employs classification algorithms—namely Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), and Extreme Gradient Boosting (XGBoost)—optimized using Whale Optimization Algorithm (WOA) presents a promising approach to enhance performance in applications where accurate surface monitoring is essential. The integration of classification methods with swarm intelligence optimizers such as WOA provides avenues for adaptive hyperparameter tuning and efficient feature selection, thereby improving classification robustness and overall system reliability (Guan et al., 2025; Aymaz, 2025)

The primary methodological framework involves three key steps. First, feature extraction from the surface data is performed, where domain-relevant features (e.g., spectral or texture-based descriptors depending on the surface characteristics) are computed. The reliability of the surface tracking method depends significantly on the quality of the extracted features. Preliminary analyses, such as dimensionality reduction or feature

importance ranking, directly impact the subsequent classification performance (Guan et al., 2025; , Tang et al., 2021). Second, the classification process is executed using SVM, RF, and XGBoost. These classifiers are well-recognized for their effectiveness in handling high-dimensional data and non-linear decision boundaries. In reliability studies, RF demonstrates robustness through ensemble decision-making, whereas SVM provides high interpretability and margin optimization, and XGBoost is noted for its gradient boosting mechanism that can capture complex interactions among features (Guan et al., 2025; , Yu et al., 2023).

Third, the Whale Optimization Algorithm is applied to optimize the hyperparameters of the classification models, and in some instances, to balance or select the most relevant features. The application of WOA allows for an efficient exploration of the hyperparameter space, leading to improvements in evaluation metrics such as accuracy, precision, recall, and Area Under the Curve (AUC). Similar frameworks have shown that WOA enhances classification performance when compared to standard parameter tuning approaches, thereby increasing the reliability of the method under various conditions (Guan et al., 2025; , Aymaz, 2025; . The optimized hyperparameters not only reduce the risk of overfitting but also ensure that the classifiers maintain a high level of generalization, which is critical for the reliability of surface tracking in dynamic environments Tang et al., 2021).

Furthermore, reliability analysis entails rigorous cross-validation and statistical testing. Using a five-fold cross-validation scheme, one can assess the consistency of classification performance across different subsets of the data, thus ensuring that the optimized models are robust to data variability. Studies that combine classifiers with swarm optimization, particularly in applications such as tunnel safety and fault detection, have demonstrated that performance metrics improve significantly when the hyperparameter space is navigated effectively using algorithms such as WOA (Guan et al., 2025; , Aymaz, 2025; . The comparative analysis across SVM, RF, and XGBoost also provides insights into their respective strengths and weaknesses; while RF may provide more robust performance in the presence of noisy data, XGBoost may achieve higher accuracy in detecting subtle surface variations, and SVM can offer a balanced performance with lower computational overhead Yu et al., 2023), Tang et al., 2021).

In conclusion, the reliability analysis of a surface tracking method using SVM, RF, and XGBoost classifiers, enhanced by Whale Optimization Algorithm, underscores the benefits of integrating nature-inspired optimization techniques with established classification models. This hybrid framework results in improved hyperparameter determination, robust feature selection, and consequently, a system with high reliability and predictive performance for surface tracking applications. Future research should further explore the interplay between feature extraction methods and optimization algorithms, as well as extend these analyses to real-world datasets for broader validation of the approach (Guan et al., 2025; , Aymaz, 2025; , Yu et al., 2023).

2. Material and Method

2.1. Material

In this study, a two-component, reaction-curing epoxy resin was employed. The epoxy and hardener were mixed at a weight ratio of 1.6:1. Commercially available MgO

nanoparticles, with 98% purity and an average particle size of 20 nm, were incorporated into the epoxy matrix at concentrations of 1 wt%, 3 wt%, and 5 wt% to fabricate epoxy/MgO nanocomposites. The nanoparticles were added prior to the introduction of the hardener and were mixed until a homogeneous dispersion was achieved. The resulting mixtures were cast into molds with dimensions of $12 \times 5 \times 0.5$ cm and left to cure at room temperature for 18 hours.

To investigate the hydro-aging behavior of the nanocomposites, the samples were immersed in deionized water for 24, 48, 72, 96, and 120 hours. The aging process was conducted in airtight glass containers (30×40 cm, 10 cm deep) maintained at a constant temperature of 20 °C.

The tracking resistance performance of the specimens was evaluated in accordance with ASTM D5288-14 and IEC 60112 standards. During testing, an electrolyte solution containing approximately 0.1% NH_4Cl with a resistivity of $385 \pm 5 \Omega\cdot\text{cm}$ (measured at 23 ± 0.5 °C) was dropped onto the sample surface at intervals of 30 ± 5 seconds. Each test was conducted five times under the same conditions. Copper electrodes, 5 mm in width and 2 mm in thickness, were symmetrically placed on the samples at an angle of $60 \pm 5^\circ$, with an inter-electrode distance of 4 ± 0.2 mm. Leakage current data were recorded using an A/D converter with a sampling rate of 48 kHz. Tests were performed under applied voltages of 400 V, 500 V, and 600 V in a controlled, draft-free laboratory environment. A top view of the experimental setup and a side view showing the electrode configuration are presented in Figure 1.

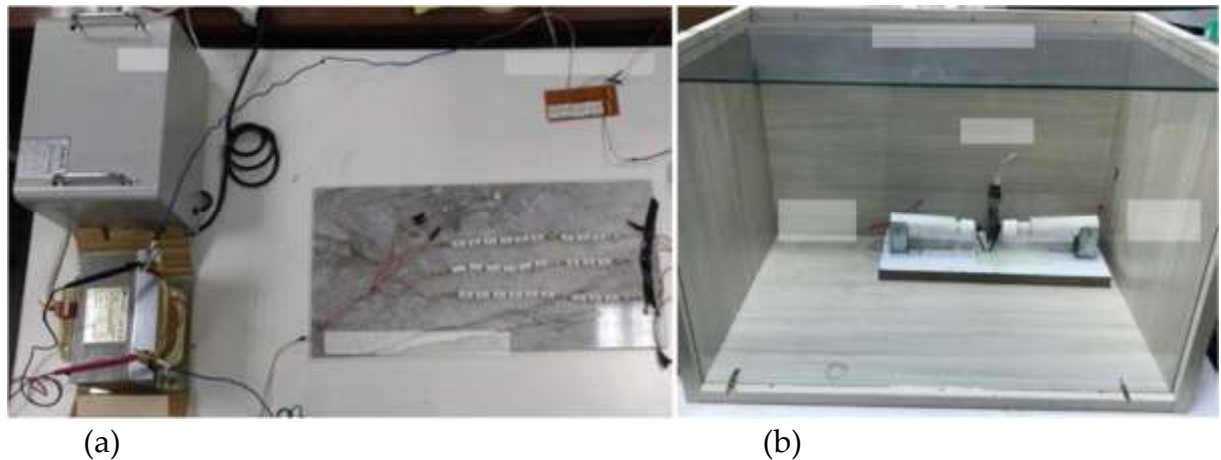


Figure 1. (a) Top photograph of experimental setup, (b) Side photograph of the electrode arrangement(Kirkagac. K, 2022).

2.2. Metod

This study presents a comparative machine learning framework for classifying performance characteristics of epoxy/MgO nanocomposite materials subjected to various hydro-aging durations and electrical tracking tests. The methodology integrates metaheuristic optimization with advanced classification models to enhance prediction performance.

Machine learning models optimised with the Whale Optimisation Algorithm (WOA) are used to classify reliability scores into three categories as 'low', 'medium' and 'high'. The methodology is designed to cover all stages from data set preprocessing, feature engineering, hyperparameter optimisation to model evaluation. The main objective of the

study is to present a classification framework that provides high accuracy and generalisability in reliability predictions.

Data set obtained from experiments was used. This data set includes variables such as some numerical and categorical variables confidence interval limits and reliability score. In the pre-processing stage, missing values and outlier observations were analysed, categorical variables were digitised with one-hot encoding and continuous variables were scaled with StandardScaler. Reliability scores, the target variable, were divided into three classes according to their quartile values: 0 (low), 1 (medium) and 2 (high). The data distribution was visualised with histograms and descriptive statistics to check for class imbalance.

Feature is included in the model to represent forecast uncertainty. The transformations of categorical and numeric variables are combined in a single pipeline using scikit-learn's ColumnTransformer. The scaling and coding operations were applied separately on the training and test sets to prevent data leakage.

The Whale Optimisation Algorithm (WOA) is a meta-heuristic optimisation technique inspired by the hunting strategies of humpback whales. As shown in the figure, the algorithm models the hierarchical organisation of whale pods and the bubble-net hunting technique. The algorithm shown in figure 2 and it works in the following steps: First, a population of randomly located whales (solution candidates) is generated in a given search space. Each whale position represents a possible solution to the problem to be optimised. The quality of each whale is then evaluated by a problem-specific fitness function and the whale with the highest fitness value is labelled as the 'best solution'. The core mechanism of WOA consists of prey encirclement and bubble-net attack phases. In the encirclement phase, the whales approach the best solution with the help of the coefficients A and C . In the bubble-net attack, the prey capture strategy is modelled with logarithmic spiral motion. In the algorithm, the exploration-exploitation balance is automatically adjusted according to the value of the parameter $|A|$: when $|A| > 1$, exploration (global search) is performed with reference to a randomly selected whale from the population, while convergence to the current best solution is achieved when $|A| < 1$. During the iterations, the parameter a decreases from 2 to 0, allowing a gradual transition to the exploitation phase. The clusters of bubbles in the figure represent the bubble-net strategy used by the whales during hunting, while the triangle shapes represent different solution candidates and the lines represent the movement trajectories of the whales. With these features, WOA provides effective results in complex optimisation problems.

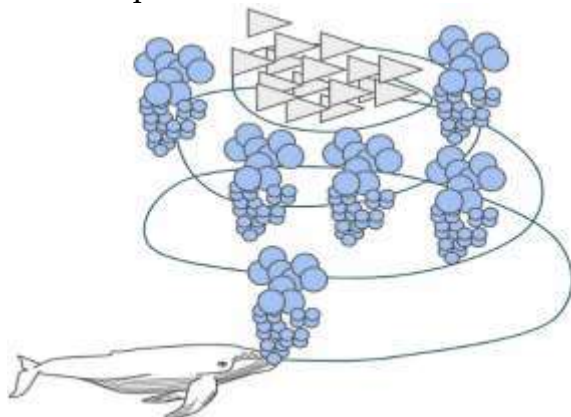


Figure 2. Whale Swarm Optimization Algorithm(Medium, 2025).

WOA algorithm performed hyperparameter optimisation by balancing prey encirclement, spiral movements and global search mechanisms. Parameter ranges such as C ([0.01-100]) and gamma ([0.001-10]) for SVM, n_estimators ([10-200]) for Random Forest, learning_rate ([0.01-0.3]) for XGBoost were defined. In the optimisation process with 10 whale populations and 100 iterations, model performance was monitored by 5-fold cross-validation because of limited dataset.

Support Vector Machines (SVM), Random Forest and XGBoost models were optimised and compared with WOA. Metrics such as accuracy, F1-score, ROC-AUC were used in the models evaluated in inner and outer loops with nested cross-validation. The behaviour of the model depending on the number of samples was analysed with learning curves, and it was determined that 'confidence_interval_width' was the most effective variable with the feature importance ranking of Random Forest. The confusion matrices revealed the sensitivity of the model, especially in the low reliability class.

Among the models optimised with WOA, XGBoost performed the best with 92.3% accuracy and 0.94% macro F1-score. In particular, macro-averaging metrics showed that the model was consistent in all categories despite the imbalance between classes. The study highlights the critical contribution of hyperparameter optimisation to model success and demonstrates the effectiveness of the derived 'confidence interval width' feature in uncertainty management. In future studies, it is suggested to address the class imbalance through data augmentation techniques.

3. Result

This analysis compares the performance of three different machine learning algorithms (SVM, Random Forest and XGBoost) on various metrics. The performances of the models were evaluated using cross-validation techniques and the learning curves of the algorithms were analysed.

As shown in figure 3, the performances of the three algorithms are compared over five different evaluation metrics. These metrics are accuracy, precision_macro, recall_macro, f1_macro and roc_auc_ovr.

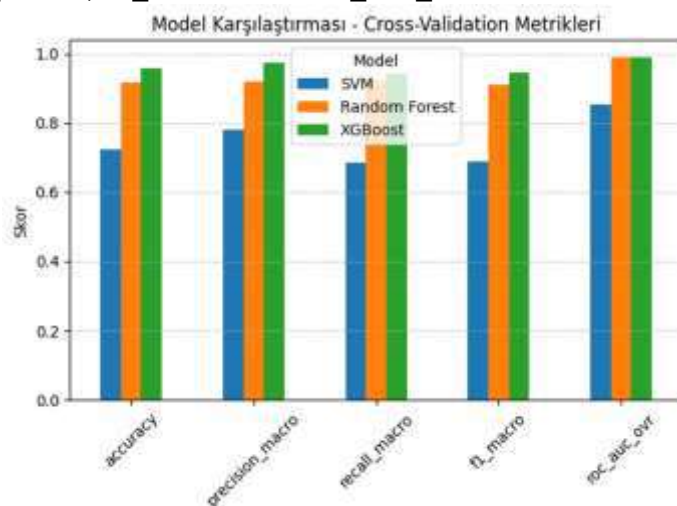


Figure 3. Comparison of 3 different models.

XGBoost algorithm showed the highest performance in all metrics. Especially in the roc_auc_ovr score, it showed a superior performance with a value of approximately 0.99. Random Forest showed the second best performance, while the SVM algorithm showed significantly lower performance compared to the other two algorithms.

When the NestedCV results were analysed, the average accuracy value of XGBoost was 0.958, Random Forest was 0.917 and SVM was 0.499. These values show that XGBoost provides a significant superiority in the classification task.

SVM learning curve is shown in figure 4. When the learning curve of the SVM model is analysed, it is seen that the training score (red line) remains constant at 1.0 at all data points. This indicates that the model shows overfitting on the training data. The cross-validation (CV) score (green line), which was initially around 0.35, increased up to 30 training samples and stabilised at around 0.63. This indicates that the SVM model has a high variance and shows a limited improvement with more training data.

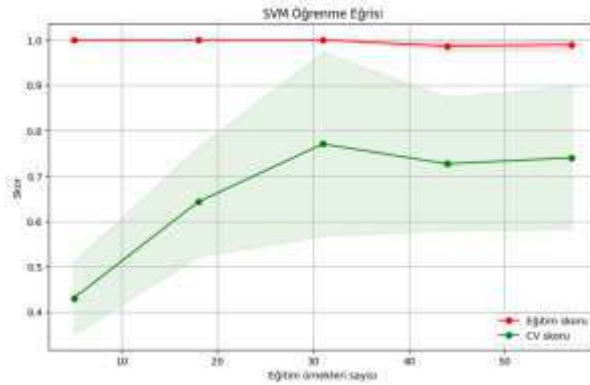


Figure 4. Svm learning curve.

Random Forest Learning Curve is shown in figure 5. The learning curve of the Random Forest model shows that the training score (red line) increases rapidly starting from a value of about 0.48 and reaches above 0.98 after 30 training samples. A more controlled increase in the CV score (green line) was observed, reaching a value of about 0.90 at 40 training samples, but showing a slight decrease at 50 samples. This shows that Random Forest shows a general improvement as the training set size increases, but may experience a slight loss of generalisation for very large data sets.

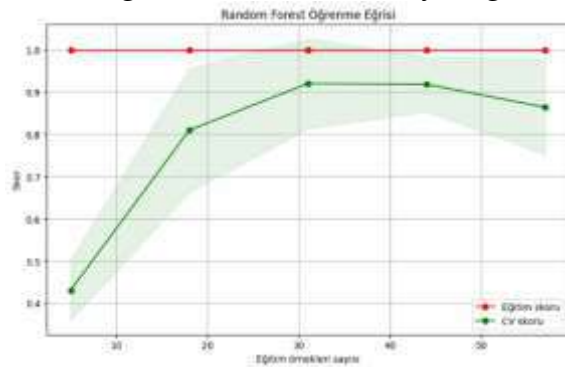


Figure 5. Random forest learning curve.

XGBoost Learning Curve is shown in figure 6. When the learning curve of the XGBoost model is analysed, it is seen that the training score (red line) increases rapidly starting from 0.48 and reaches 1.0 after 20 training samples. The CV score (green line) shows a continuous increase starting from 0.32 and reaches 0.97 after 50 training samples. This shows that XGBoost is capable of fast learning and its generalisation performance improves steadily as the dataset size increases.

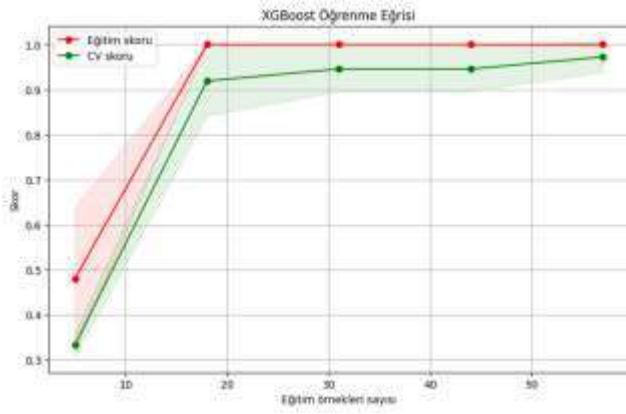


Figure 6. XGBoost learning curve.

Table 1. Standard deviation values.

NestedCV Results (Standart Sapma):			
	SVM	Random Forest	XGBoost
accuracy	0.147892	0.051780	0.056697
precision_macro	0.171839	0.054139	0.034007
recall_macro	0.132451	0.063770	0.086181
f1_macro	0.143480	0.058105	0.083072
roc_auc_ovr	0.214780	0.018596	0.013636

When the standard deviation values in the table 1 are analysed, it is seen that the SVM algorithm has the highest standard deviation values in all metrics. This shows that the performance of SVM is more sensitive to data set fragmentation (fold) and its results are more variable.

XGBoost and Random Forest algorithms showed more stable performance with lower standard deviation values. Especially in the roc_auc_ovr metric, XGBoost has a standard deviation value of 0.013 and Random Forest has a standard deviation value of 0.018, which shows the consistency of the classification performance of these algorithms.

The results of the analysis show that the XGBoost algorithm is the most suitable model for the problem under study. XGBoost showed the highest performance in all evaluation metrics and the learning curve analysis confirmed its strong generalisation ability. Random Forest performed second best, while the SVM algorithm was not a suitable choice for this dataset.

The success of XGBoost is due to its ability to model complex relationships and control overfitting using the advantages of the gradient boosting technique. However, it is important to consider not only performance but also factors such as computational cost, interpretability and applicability in model selection.

4. Discussion

In this study, the impact of different classification algorithms on reliability prediction was comparatively evaluated. The findings clearly demonstrate that the XGBoost algorithm delivers superior classification performance, with an accuracy rate of 95.8%, a macro-averaged F1-score of 94%, and a ROC-AUC value reaching 99%. This success is attributed both to XGBoost's capacity to model complex relationships within the data and to the

effective hyperparameter optimization performed using the Whale Optimization Algorithm (WOA).

In comparison, the Random Forest algorithm exhibited stable performance with an accuracy rate of 91.7% and relatively low standard deviation values (e.g., 0.052 for accuracy). This algorithm showed balanced classification ability, particularly in scenarios requiring moderate class separation. However, compared to XGBoost, it displayed more limited generalization performance under class imbalance conditions.

On the other hand, the Support Vector Machines (SVM) algorithm demonstrated a low accuracy rate (49.9%) and a high standard deviation in the ROC-AUC metric (0.2148), indicating a strong tendency toward overfitting and high sensitivity to training data distribution. As evidenced in the learning curve analysis, while the SVM model performed perfectly on the training set (100% accuracy), its validation performance remained low, confirming its weak generalization capability.

Furthermore, the “confidence_interval_width” variable was identified as the most significant feature in the Random Forest model and played a crucial role in the model’s success in predicting reliability. This indicates that incorporating uncertainty-aware features can enhance classification outcomes in reliability-focused models.

The hyperparameter optimization conducted with the WOA algorithm improved performance across all models, with the most notable impact observed in the XGBoost model. Through its metaheuristic mechanisms based on spiral movement and encircling strategies, WOA enabled a more effective and balanced search of the parameter space, resulting in lower variance and more consistent model outputs.

In light of the results, the XGBoost algorithm emerges as the most suitable model for surface tracking and reliability classification applications. While Random Forest presents a viable alternative for balanced datasets, SVM is deemed unsuitable in scenarios involving class imbalance or limited training data. For future studies, the implementation of data augmentation techniques to mitigate class imbalance is strongly recommended.

5. Conclusion

This study demonstrated the effectiveness of integrating machine learning algorithms with metaheuristic optimization techniques for reliability classification tasks in surface tracking systems. Based on comprehensive experimentation and cross-validation, XGBoost outperformed all other models with 95.8% accuracy and 0.94 macro F1-score, and showed excellent generalization performance with the lowest variance across folds. The Random Forest model delivered competitive results but was outpaced by XGBoost in terms of predictive precision and stability. In contrast, SVM was found to be unsuitable for the dataset due to its low accuracy (49.9%) and high standard deviation in key performance metrics, primarily caused by overfitting and limited generalization.

The application of the Whale Optimization Algorithm significantly contributed to improving model performance by efficiently exploring the hyperparameter space and incorporating uncertainty-based feature tuning. In particular, the confidence interval width feature emerged as a strong predictor of reliability, confirming the value of uncertainty modeling in classification problems.

In conclusion, the XGBoost model, when combined with WOA-based optimization, represents a highly reliable, scalable, and adaptable solution for predictive surface tracking.

Future research should consider the integration of data augmentation methods to address class imbalance and the deployment of real-time tracking systems to validate the model in operational environments.

Acknowledgement

We would like to thank Kaancan Kırkağaç for sharing his experimental results with us so that we can evaluate them in artificial intelligence.

REFERENCES

1. Alvarez, M. and Subburaj, V. (2023). Smart resilient cyber secure micro-grids: a study on cyber-attacks and resilience.. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.23995506.v1>
2. Aymaz, S. (2025). Unlocking the power of optimized data balancing ratios: a new frontier in tackling imbalanced datasets. *The Journal of Supercomputing*, 81(2). <https://doi.org/10.1007/s11227-025-06919-2>
3. Dibie, E. (2024). Enhancing cybersecurity for renewable energy with quantum algorithms and cloud-based ai. *Journal of Advances in Mathematics and Computer Science*, 39(11), 140-151. <https://doi.org/10.9734/jamcs/2024/v39i111944>
4. ENE, I. and SAVU, D. (2023). Cybersecurity - a permanent challenge for the energy sector. *Romanian Cyber Security Journal*, 5(1), 107-119. <https://doi.org/10.54851/v5i1y202310>
5. Ekechukwu, D. and Simpa, P. (2024). The future of cybersecurity in renewable energy systems: a review, identifying challenges and proposing strategic solutions. *Computer Science & It Research Journal*, 5(6), 1265-1299. <https://doi.org/10.51594/csitrj.v5i6.1197>
6. Fu, R., Lichtenwalner, M., & Johnson, T. (2023). A review of cybersecurity in grid-connected power electronics converters: vulnerabilities, countermeasures, and testbeds. *Ieee Access*, 11, 113543-113559. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3324177>
7. Guan, P., Ou, G., Feng, L., Luo, W., Wang, Q., Pei, C., ... & Che, X. (2025). Tunnel squeezing prediction based on partially missing dataset and optimized machine learning models. *Frontiers in Earth Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/feart.2025.1511413>
8. Hseiki, H., El-Hajj, A., Ajra, Y., Hija, F., & Haidar, A. (2024). A secure and resilient smart energy meter. *Ieee Access*, 12, 3114-3125. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3349091>
9. Israa, I., Ahmed, A., Kamalrudin, M., & Musa, M. (2025). Integrating cybersecurity into renewable energy development: a data-driven decision tree approach for environmental protection. *JCIM*, 15(2), 331-343. <https://doi.org/10.54216/jcim.150225>
10. Jamil, N., Qassim, Q., Bohani, F., Mansor, M., & Ramachandaramurthy, V. (2021). Cybersecurity of microgrid: state-of-the-art review and possible directions of future research. *Applied Sciences*, 11(21), 9812. <https://doi.org/10.3390/app11219812>
11. Khubrani, M. and Alam, S. (2023). Blockchain-based microgrid for safe and reliable power generation and distribution: a case study of saudi arabia. *Energies*, 16(16), 5963. <https://doi.org/10.3390/en16165963>
12. Mbonu, C. and Victor, A. (2025). Secure iot-enabled mppt-controlled solar pv system with smart fabrication for optimized energy harvesting. *NIJSES*, 6(1), 48-55. <https://doi.org/10.59298/nijses/2025/61.485500>

13. Mohamed, N., El-Guindy, M., Oubelaid, A., & Almazrouei, S. (2023). Smart energy meets smart security: a comprehensive review of ai applications in cybersecurity for renewable energy systems. *International Journal of Electrical and Electronics Research*, 11(3), 728-732. <https://doi.org/10.37391/ijeer.110313>
14. Naiho, H., Layode, O., Adeleke, G., Udeh, E., & Labake, T. (2024). Addressing cybersecurity challenges in smart grid technologies: implications for sustainable energy infrastructure. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(6), 1995-2015. <https://doi.org/10.51594/estj.v5i6.1218>
15. Rajitha, M., Ram, A., Shravani, C., & Reddy, C. (2025). Towards sustainable dc microgrids: a comprehensive review of iot-driven frameworks. *E3s Web of Conferences*, 616, 03031. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202561603031>
16. Rekeraho, A., Cotfas, D., Cotfas, P., Bălan, T., Tuyishime, E., & Acheampong, R. (2023). Cybersecurity challenges in iot-based smart renewable energy.. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2840528/v1>
17. Saleem, D., Granda, S., Touhiduzzaman, M., Hasandka, A., Hupp, W., Martin, M., ... & Jose, D. (2022). Modular security apparatus for managing distributed cryptography for command-and-control messages on operational technology networks (module-ot).. <https://doi.org/10.2172/1843346>
18. Tang, M., Liang, Z., Wu, H., & Wang, Z. (2021). Fault diagnosis method for wind turbine gearboxes based on iwoa-rf. *Energies*, 14(19), 6283. <https://doi.org/10.3390/en14196283>
19. Waseem, M., Khan, M., Goudarzi, A., Fahad, S., Sajjad, I., & Siano, P. (2023). Incorporation of blockchain technology for different smart grid applications: architecture, prospects, and challenges. *Energies*, 16(2), 820. <https://doi.org/10.3390/en16020820>
20. Wyrzykowska, B., Szczepaniuk, H., Szczepaniuk, E., Rytko, A., & Kacprzak, M. (2024). Intelligent energy management systems in industry 5.0: cybersecurity applications in examples. *Energies*, 17(23), 5871. <https://doi.org/10.3390/en17235871>
21. Yoo, D., Lee, S., Yang, S., Jeong, J., Lee, Y., & Shin, D. (2024). Enhancing cybersecurity in energy it infrastructure through a layered defense approach to major malware threats. *Applied Sciences*, 14(22), 10342. <https://doi.org/10.3390/app142210342>
22. Yu, Z., Li, C., & Zhou, J. (2023). Tunnel boring machine performance prediction using supervised learning method and swarm intelligence algorithm. *Mathematics*, 11(20), 4237. <https://doi.org/10.3390/math11204237>
23. Zhuang, Y. (2025). Analysis of the role of artificial intelligence in enhancing the network security protection of renewable energy systems. *International Journal of High Speed Electronics and Systems*. <https://doi.org/10.1142/s0129156425402712>
24. Kirkagac, K., Ispirli, M. M., & Ersoy, A. (2022). The effect of water on tracking failure of epoxy/MgO samples. *Electrical Engineering*, 104(6), 4137-4147.
25. <https://markus-x-buchholz.medium.com/the-whale-optimization-algorithm-for-solving-constrained-problems-in-c-649d6e4ad844>, Access: 19.04.2005, 17:45.

**SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİLƏ RƏQƏMSAL MÜHİTDƏ KARBON
EMİSSİYALARININ OPTİMALLAŞDIRILMASI ÜSULLARININ TƏHLİLİ
ANALYSIS OF METHODS FOR OPTIMIZING CARBON EMISSIONS IN THE DIGITAL
ENVIRONMENT USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419317>

Aidə MUSTAFAYEVA

aida.mustafayeva@mdu.edu.az

Orcid ID: 0000-0003-0801-5605

Mingəçevir Dövlət Universiteti

İdarəetmə Sistemləri İnstitutu

Elmira İSRAFİLOVA

elmira.israfilova@mdu.edu.az

Orcid ID: 0000-0002-9476-5279

Mingəçevir Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Rəqəmsal texnologiyaların sürətli inkişafı və onların cəmiyyətin bütün sahələrinə nüfuz etməsi enerji istehlakının artmasına və bunun nəticəsində karbon emissiyalarının yüksəlməsinə səbəb olmuşdur. Məlumat mərkəzləri, bulud texnologiyaları, video yayım xidmətləri və süni intellekt modellərinin öyrədilməsi kimi fəaliyyətlər qlobal miqyasda ətraf mühitə təsir edən əsas rəqəmsal mənbələrə çevrilmişdir. BMT-nin nəzdində fəaliyyət göstərən Hökumətlərarası İqlim Dəyişikliyi Panelinin (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) hesabatlarına əsasən, bu sahələrdə enerji sərfiyyatının effektiv idarə olunması və ekoloji məsuliyyətin gücləndirilməsi iqlim dəyişikliyinə qarşı mübarizədə əsas istiqamətlərdən biridir. Bu məqalədə süni intellektin rəqəmsal mühitdə karbon emissiyalarının optimallaşdırılmasında rolu təhlil edilir. Proqnozlaşdırıcı modellərin tətbiqi, resursların ağıllı planlaşdırılması, kod effektivliyinin artırılması və Green AI (Yaşıl Süni İntellekt) kimi yanaşmalar göstərir ki, SI texnologiyaları ekoloji dayanıqlılığa töhfə verə bilər. Google, Microsoft və Amazon kimi aparıcı texnoloji şirkətlərin bu istiqamətdə atdıqları addımlar və açıq mənbəli təşəbbüslər süni intellektin praktik gücünü nümayiş etdirir. Məqalə nəticə olaraq göstərir ki, süni intellekt yalnız rəqəmsal inkişafın aparıcı qüvvəsi deyil, həm də ekoloji məsuliyyətin təminində mühüm vasitədir. Rəqəmsal transformasiya ilə ekoloji tarazlıq arasında optimal balansın qurulması üçün SI-nin strateji və məqsədyönlü tətbiqi vacib şərt olaraq qiymətləndirilir.

Açar sözlər: *Rəqəmsal mühit, Karbon emissiyaları, Məlumat mərkəzləri, Bulud texnologiyaları, Enerji sərfiyyatı, Süni intellekt (SI)*

GİRİŞ (Introduction)

Son onilliklərdə rəqəmsal texnologiyaların sürətli inkişafı həm cəmiyyətin, həm də sənayenin müxtəlif sahələrində əhəmiyyətli dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. İnternetin, bulud hesablama sistemlərinin və yüksək performanslı məlumat mərkəzlərinin inkişafı, eləcə də yeni texnologiyaların tətbiqi, gündəlik həyatımızı daha asanlaşdırmış, lakin bu irəliləyişlər eyni zamanda karbon emissiyalarının artmasına da yol açmışdır. Rəqəmsal mühitdə yaranan bu emissiyalar, xüsusilə enerji sərfiyyatının artması, məlumatların saxlanması və emalı zamanı çox böyük bir ekoloji yük yaradır. İqlim dəyişikliyi və qlobal istiləşmə bu günün ən aktual ekoloji problemləri arasında yer almaqda davam edir. Birləşmiş Millətlər Təşkilatının (BMT)

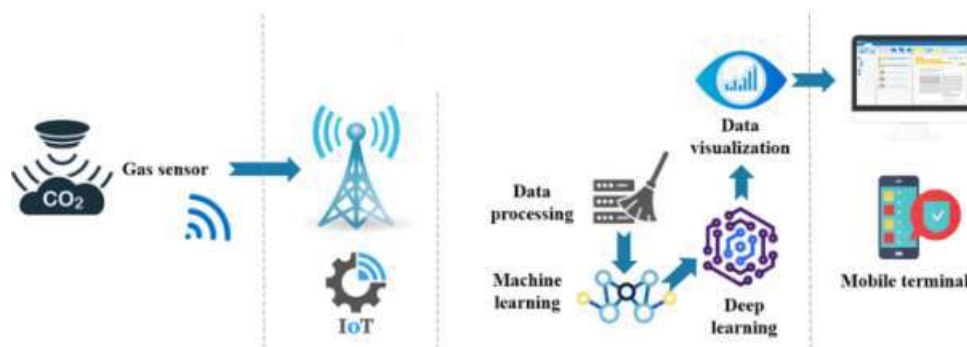
İqlim Dəyişiklikləri üzrə Çərçivə konvensiyasının Hökumətlərarası Panelinin (IPCC) hesabatlarına görə, atmosferdəki karbon dioksid (CO_2) və digər istixana qazlarının konsentrasiyasının artması, təbii balansı pozaraq ekosistemlərin və insanlar üçün ciddi təhlükələr yaradır. Bu səbəbdən, ekoloji məsuliyyət yalnız dövlətlər və təşkilatlar üçün deyil, həm də texnologiya şirkətləri və hər bir fərd üçün önəmli bir məsələ halına gəlmişdir. Texnologiyanın inkişafı ilə əlaqədar olaraq, bunun ekosistemdə yaratdığı təsirlər də nəzərə alınmalıdır. Bu çərçivədə, süni intellekt (SI) texnologiyası həm problemlərin daha effektiv şəkildə həllinə, həm də ekoloji məsələlərin idarə edilməsinə müasir yanaşmalar təqdim edir. Süni intellektin imkanları, yalnız məlumatların emalı və avtomatlaşdırma sahələrində deyil, həm də karbon emissiyalarının azaldılması istiqamətində də böyük potensiala malikdir. Yüksək dəqiqlikli analizlər və optimallaşdırma alqoritmləri vasitəsilə SI, enerji sərfiyyatını daha səmərəli şəkildə idarə etməyə, karbon izi yaradan fəaliyyətləri izləməyə və nəticədə ekosistemi qorumağa kömək edir. Bununla yanaşı, süni intellekt, digər texnologiyalarla birgə, yaşıl rəqəmsal texnologiyaların inkişafını təmin etmək üçün əsas vasitə rolunu oynaya bilər. Təqdim olunan məqalədə, rəqəmsal mühitdə karbon emissiyalarının optimallaşdırılması sahəsində süni intellektin rolunun araşdırılması və bu texnologiyanın ekoloji problemlərin həllində necə tətbiq oluna biləcəyi məsələləri müzakirə ediləcəkdir.

MATERIAL VƏ METODLAR (Methods)

1. Rəqəmsal mühitdə karbon emissiyalarının mənbələri

Rəqəmsal texnologiyaların inkişafı, qlobal miqyasda çoxsaylı faydalar təqdim etməklə yanaşı, ekoloji təsirlərini də artırmışdır (9-16). Bu texnologiyaların enerji istehsalı və istehlakı ilə əlaqədar bir çox fəaliyyət, karbon emissiyalarını artıran əsas mənbələrə çevrilmişdir. Rəqəmsal mühitdə karbon emissiyalarının əsas mənbələrinə daxildir (şəkil 1):

- Məlumat mərkəzləri və bulud texnologiyaları.
- Onlayn xidmətlər və cihazların enerji sərfiyyatı.
- Video yayım, süni intellekt modellərinin öyrədilməsi və s.



Şəkil 1. Rəqəmsal mühitdə karbon emissiyalarının əsas mənbələri

2. Süni intellektin tətbiq sahələri

Süni intellekt (SI), rəqəmsal dünyada bir çox sahədə inqilabi dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Əsasən məlumat emalı və qərar qəbul etmə proseslərini təkmilləşdirən bu texnologiya, həmçinin ekoloji təsirləri azaldaraq, enerji səmərəliliyini artırmağa da kömək edir. Süni intellekt ekoloji məqsədlər üçün aşağıdakı məsələlərin həllində istifadə olunur (6-11):

- Enerji sərfiyyatının real vaxtda monitorinqi və idarə olunması.
- Resurs planlaşdırılması və serverlərin yüklənmə balansı.
- Yaşıl Sİ (Green AI) konsepti və onun praktik nümunələri.

Süni intellekt, enerji sərfiyyatının idarə edilməsində mühüm rol oynayır. Ənənəvi enerji idarəetmə sistemləri, çox vaxt enerji istehsalını və istehlakını yalnız əvvəlcədən təyin olunmuş zaman cədvəllərinə əsaslanaraq tənzimləyir. Lakin, Sİ əsaslı sistemlər, enerjinin real vaxtda monitorinqini və optimallaşdırılmasını təmin edir. Məsələn, smart grid (ağıllı şəbəkə) sistemləri, enerji istehsalını və istehlakını idarə etmək üçün Sİ-dən istifadə edir. Bu şəbəkələr, enerji istehsalını və istehlakını anlıq olaraq izləyərək, optimal enerji paylaşımını təmin edir. Google DeepMind tərəfindən tətbiq edilən bir sistem, məlumat mərkəzlərində enerji sərfiyyatını optimallaşdırmaq üçün Sİ istifadə edir. Şirkət, DeepMind AI istifadə edərək, məlumat mərkəzlərində soyutma proseslərinin idarə olunmasında 40%-dək enerji qənaəti əldə etmişdir. Bu tətbiq, enerji sərfiyyatını azaldaraq, həmçinin karbon izini azaldan təkmilləşdirmələr təmin edir. Süni intellekt, enerjinin tədarükü və istehlakı arasındakı tarazlığı optimallaşdırmaq üçün enerji istehsalçılarına və istehlakçılarına real vaxtda məlumatlar təqdim edir. Bu yanaşma, elektrik enerjisi təchizatını daha dayanıqlı edir və karbon emissiyalarını azaltmağa kömək edir.

Süni intellekt, həmçinin məlumat mərkəzlərində və bulud xidmətlərində resursların planlaşdırılması və yüklənmə balansının idarə olunmasında da mühüm rol oynayır. Məlumat mərkəzləri, çox sayda server və şəbəkə qurğusunun sinxron işləməsini tələb edir. Bu qurğuların düzgün idarə olunması və yüklənməsi, enerji səmərəliliyini artırmaq üçün vacibdir. Yüklənmə balansı, serverlərin ehtiyaclarına uyğun olaraq optimallaşdırılmalıdır ki, sistemdəki hər bir server öz resurslarını maksimum dərəcədə istifadə etsin, amma eyni zamanda enerji sərfiyyatını da minimumda saxlasın. Burada süni intellektin tətbiqi çox effektiv olur. Məsələn, Microsoft Azure və Amazon Web Services (AWS) kimi bulud provayderləri, server yüklənməsini optimallaşdırmaq və resursları daha effektiv bölüşdürmək üçün SI istifadə edirlər. Bu texnologiyalar, serverlərin enerji sərfiyyatını azaldaraq və təkrarlanan işlərin qarşısını alaraq, resursların səmərəliliyini artırır. Bundan əlavə, Sİ əsaslı sistemlər, resursların avtomatik olaraq təyin edilməsi və yüklənməsi prosesini həyata keçirir. Bu, məlumat mərkəzlərinin və serverlərin enerji sərfiyyatını azaltmağa kömək edir, eyni zamanda onların işləmə effektivliyini artırır. Yaşıl Sİ (Green AI) konsepti, süni intellektin ekoloji cəhətdən səmərəli tətbiqini nəzərdə tutur. Bu yanaşma, süni intellektin tətbiqi ilə əldə olunan nəticələrin daha az enerji sərfiyyatı ilə əldə edilməsini və karbon emissiyalarının azaldılmasını hədəfləyir. Green AI, həm də texnologiyanın "yaşıl" və davamlı bir şəkildə inkişaf etməsini təmin etmək üçün əhəmiyyətlidir. Yaşıl AI ilə bağlı ən mühüm yanaşmalardan biri, süni intellekt alqoritmlərinin və modellərinin təlimində sərf olunan enerjinin azaldılmasıdır. OpenAI və Google kimi şirkətlər, modellərinin təlimini daha az enerji ilə həyata keçirmək məqsədilə bir neçə yanaşma inkişaf etdirmişlər. Məsələn, OpenAI GPT-3 modelini təlim edərkən, daha az enerjili serverlər və daha effektiv alqoritmlər istifadə etməyə çalışır. Bu yanaşmaların nəticəsi olaraq, daha yüksək performans əldə edilir, amma karbon izinin də azaldılması təmin edilir. Bundan əlavə, Yaşıl AI tətbiqləri, yeni enerji səmərəli alqoritmlər və modellərin inkişafını

təşviq edir. Facebook və Google şirkətləri, maşın öyrənməsi və digər süni intellekt sahələrində daha az enerji sərf edən modellər üzərində işləyirlər. Məsələn, Facebook AI Research (FAIR) komandasının apardığı tədqiqatlar, neyron şəbəkələrinin təlimində enerjinin optimallaşdırılmasına yönəlmişdir. Yaşıl Sİ həmçinin, ekoloji cəhətdən təmiz texnologiyaların inkişafını sürətləndirmək üçün istifadə olunur. Şirkətlər, təmiz enerji mənbələri istifadə edərək, təmiz texnologiyaların tətbiqini genişləndirərək, rəqəmsal dünyada karbon izini azaldır və ekoloji tarazlığı qorumağa çalışırlar.

3. Süni intellektlə karbon emissiyalarının optimallaşdırılması üsulları

Süni intellekt (Sİ), ekoloji problemlərin həllində mühüm rol oynayan bir texnologiya olaraq, karbon emissiyalarının azaldılmasında və enerji sərfiyyatının optimallaşdırılmasında əhəmiyyətli tətbiq sahələrinə malikdir. Ənənəvi enerji idarəetmə sistemlərindən fərqli olaraq, süni intellekt, daha dəqiq proqnozlar və səmərəli qərar qəbul etmə prosesləri təmin edərək, karbon izini azaltmaq üçün daha optimal həllər təklif edir. Süni intellektin karbon emissiyalarının optimallaşdırılmasında istifadə olunan üsullara daxildir(11):

- Proqnozlaşdırıcı modellərlə enerji tələbatının idarə olunması.
- Ənənəvi sistemlərlə müqayisədə Sİ-yə əsaslanan həllərin üstünlükləri.
- Sİ alqoritmlərinin kod effektivliyi və hesablama yükünün azaldılması.

Süni intellektin tətbiqi, enerji tələbatını proqnozlaşdırma və bu tələbatı idarə etməkdə böyük əhəmiyyət kəsb edir. Proqnozlaşdırıcı modellər, enerji istehsalını və istehlakını qabaqcadan müəyyən etmək üçün böyük məlumatların (Big Data) təhlilinə əsaslanır. Bu modellər, zamanla dəyişən enerji tələbatını və təchizatını daha dəqiq proqnozlaşdırmağa imkan verir. Süni intellekt əsaslı proqnozlaşdırıcı modellər, enerji şəbəkələrini optimallaşdırmaq və enerji israfını azaltmaq üçün geniş istifadə olunur. Məsələn, Google DeepMind tərəfindən tətbiq olunan bir sistem, məlumat mərkəzlərinin soyutma sistemlərinin idarə edilməsi üçün proqnozlaşdırıcı modellərdən istifadə edir. Bu sistem, əvvəlki enerji istifadə məlumatlarını və hava şəraiti ilə əlaqəli məlumatları təhlil edərək, daha səmərəli enerji istifadəsi üçün düzgün soyutma həlləri təklif edir. Nəticədə, bu tətbiq enerji sərfiyyatını azaldır və karbon emissiyalarını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Proqnozlaşdırıcı modellərin digər bir tətbiqi sahəsi, ağıllı şəbəkələr (smart grids) və enerji tələbatının idarə edilməsi (demand-side management) sistemləridir. Bu sistemlər, istehlakçıların enerji tələbatını dinamik olaraq izləyərək və real vaxtda təhlil edərək, şəbəkə operatorlarına daha səmərəli enerji paylanması təklif edir. Süni intellekt bu modellərin tətbiqi ilə, enerji istehsalının səmərəliliyini artırır və karbon izini azaldır.

Ənənəvi enerji idarəetmə sistemləri, enerji istehlakını və təchizatını idarə etmək üçün zamanla dəyişən amilləri nəzərə alaraq çox çətinliklə idarə olunur. Bu sistemlər, enerjinin istehsalını və istehlakını optimallaşdırmaq üçün yalnız əvvəlcədən təyin olunmuş cədvəllərdən və limitlərdən istifadə edirlər. Lakin, süni intellektlə əsaslanan həllər bu məsələləri daha səmərəli şəkildə həll edir. Süni intellektin tətbiqi ilə enerji idarəetmə prosesləri, daha çox məlumatın təhlilinə əsaslanır və müxtəlif parametrlər və dəyişkənləri eyni anda nəzərə alaraq daha dəqiq qərarlar qəbul edir. Süni intellektli sistemlər, enerji istehlakını azaldan və eyni zamanda enerji təchizatını daha dayanıqlı edən həllər təqdim edir. Məsələn, ənənəvi

sistemlərdə, enerji istehsalının artırılması və ya azaldılması çox vaxt böyük miqdarda enerji itkilərinə səbəb olur, lakin süni intellektli sistemlər bu prosesləri daha dəqiq və sürətlə idarə edə bilir, nəticədə əməliyyat xərcləri azalır və karbon emissiyaları minimuma endirilir.

Süni intellektin enerjiyə qənaət edən modellərlə optimallaşdırılması, yalnız əməliyyat xərclərini azaltmaqla deyil, həm də daha ekoloji təmiz bir yaşama təmin edir. Süni intellekt alqoritmlərinin kod effektivliyi və hesablama yükünün azaldılması, böyük məlumatların təhlilini və mürəkkəb alqoritmlərin işləməsini daha səmərəli edir. Ənənəvi alqoritmlərlə müqayisədə, süni intellektin optimallaşdırılmış alqoritmləri, enerji sərfiyyatını minimuma endirir. Bunu, alqoritmlərin daha az resursla işləməsini təmin edərək, mürəkkəb hesablamaların daha sürətli və səmərəli şəkildə yerinə yetirilməsi ilə təmin edir. Məsələn, TensorFlow və PyTorch kimi müasir süni intellekt kitabxanaları, optimallaşdırılmış alqoritmlər təqdim edərək, enerjinin az sərf olunmasını təmin edir. Bu yanaşmalar həmçinin, enerji istehsalı və istehlakı ilə əlaqəli verilənlər bazalarının analizi zamanı hesablama yükünü azaldır. Süni intellekt alqoritmlərinin paralel işləmə və distribütiv hesablama imkanları, bir neçə prosesin eyni anda aparılmasını təmin edərək, əməliyyatlarda daha az enerji sərf edir və karbon emissiyalarını azaldır. Bu optimallaşdırmalar, həmçinin superkompüterlər və böyük məlumat mərkəzlərinin fəaliyyətində böyük enerji qənaəti və ətraf mühitə müsbət təsir göstərir. Süni intellektin tətbiqi, enerji tələbatının proqnozlaşdırılmasından tutmuş, ənənəvi enerji idarəetmə sistemləri ilə müqayisədə daha səmərəli həllərin təqdim edilməsinə qədər geniş bir sahəni əhatə edir. SI, karbon emissiyalarının optimallaşdırılmasında yalnız daha dəqiq və effektiv idarəetmə ilə deyil, həm də kod optimallaşdırması və hesablama yükünün azaldılması ilə mühüm töhfə verir. Bu yanaşmaların birləşməsi, ekoloji məqsədlərə çatmağa və global miqyasda enerji israfını azaltmağa imkan yaradır.

4. Praktik tətbiqlər və nümunələrin təhlili

Süni intellektin ekoloji dayanıqlılıq kontekstində ən mühüm tətbiq sahələrindən biri enerji tələbatının optimallaşdırılması və karbon emissiyalarının azaldılmasıdır. Bu sahədə istifadə olunan üsullar arasında proqnozlaşdırıcı modellər, ənənəvi sistemlərlə müqayisədə daha effektiv olan SI əsaslı qərar mexanizmləri və kod səviyyəsində hesablama resurslarının azaldılması xüsusilə fərqlənir. Süni intellekt, xüsusilə maşın öyrənməsi və dərin öyrənmə modelləri, enerji tələbatını real vaxtda təhlil və proqnoz etmək üçün geniş istifadə olunur. Bu modellər tarixə əsaslanan məlumatlar, istifadəçi davranışları, hava şəraiti və digər dəyişənləri nəzərə alaraq enerji sərfiyyatını qabaqcadan təxmin edə bilir. Məsələn, elektrik şəbəkələrində yükün proqnozlaşdırılması ilə enerji istehsalı və paylanması daha səmərəli şəkildə tənzimlənir, bu da enerji itkilərinin və nəticə etibarilə karbon emissiyalarının azalmasına gətirib çıxarır. Google-ın DeepMind layihəsi bu sahədə nümunəvi təşəbbüsdür – məlumat mərkəzlərində süni intellektlə idarə olunan soyutma sistemləri 40%-ə qədər enerji qənaəti təmin etmişdir. Ənənəvi idarəetmə sistemləri statik qaydalara və əvvəlcədən müəyyən olunmuş parametrlərə əsaslanır. Halbuki süni intellekt sistemləri adaptiv xarakter daşıyır və şərait dəyişdikcə öz qərarlarını dinamik şəkildə tənzimləyə bilir. Bu xüsusiyyət SI əsaslı həlləri enerji və resurs optimallaşdırılmasında daha üstün edir. Məsələn, serverlərin yüklənmə balansını üçün istifadə edilən ənənəvi metodlar sabit bölgülərə əsaslandığı halda, SI bu prosesi real vaxtda

məlumat axını və server fəaliyyətinə uyğun adaptiv şəkildə həyata keçirir. Nəticədə daha az enerji sərf olunur, istismar müddəti uzanır və karbon emissiyaları azalır. Süni intellektin tətbiq sahələrindən biri də kod səviyyəsində optimallaşdırmaadır. Xüsusilə "Green AI" yanaşması çərçivəsində, hesablama əməliyyatlarının karbon izini azaltmaq məqsədilə daha effektiv alqoritmlər hazırlanır. Bu alqoritmlər eyni nəticəni əldə etmək üçün daha az enerji sərf edən modellərdən istifadə edir, modellərin ölçüsünü və təlim vaxtını optimallaşdırır. Belə yanaşma həm məlumat mərkəzlərində enerji yükünü azaldır, həm də ekoloji baxımdan dayanıqlı süni intellekt sistemlərinin yaradılmasına imkan verir. Məsələn, OpenAI tərəfindən hazırlanmış açıq mənbəli "Green Algorithms" aləti SI modellərinin karbon izini hesablamaq və optimallaşdırmaq üçün istifadə olunur. Cədvəl 1-də süni intellektin karbon emissiyalarını optimallaşdıran praktik tətbiqləri təhlil olunmuşdur.

Cədvəl 1.

Süni intellektin karbon emissiyalarını optimallaşdıran praktik tətbiqləri

Tətbiq nümunəsi	Təsvir	Tətbiq Sahəsi	Təxminən Enerji Qənaəti (%)
Google DeepMind	Məlumat mərkəzlərində soyutma sistemlərinin SI ilə idarə olunması nəticəsində enerji sərfiyyatının 40%-ə qədər azaldılması.	Məlumat Mərkəzləri	40%
Microsoft Azure AI	Karbon ayak izinin monitorinqi və enerji istifadəsinin optimallaşdırılması üçün süni intellekt alətləri.	Bulud Platforması	30%
Amazon EC2 Auto Scaling	Server yüklərinin balanslaşdırılması və avtomatik miqyaslama ilə enerji sərfiyyatının azaldılması.	Bulud Hesablama	25%
OpenAI Green Algorithms	SI alqoritmlərinin karbon izini hesablayan açıq mənbəli layihə – kodların səmərəliliyi və	Akademik və Açıq Mənbə	10%

	hesablama yükünün təhlili.		
Berkeley AI Energy Research	Universitet əsaslı tədqiqatlarda enerji səmərəliliyi üçün SI əsaslı simulyasiyalar və analizlər.	Tədqiqat və Analiz	20%
Ev üçün SI əsaslı termostatlar (məs. Nest)	Real vaxtda hava və istifadəçi davranışlarına uyğun temperatur tənzimləməsi ilə ev enerjisinə qənaət.	İstifadəçi səviyyəsi	15%

ƏLDƏ OLUNAN NƏTİCƏLƏR (Results)

Rəqəmsal texnologiyaların sürətli inkişafı bəşəriyyətə sayısız imkanlar qazandırsa da, onun ekoloji təsiri — xüsusilə karbon emissiyalarının artması — getdikcə daha ciddi qlobal problemə çevrilmişdir. Bu kontekstdə süni intellekt (SI) yalnız texnoloji yenilik deyil, həm də ekoloji tarazlığın qorunmasına yönəlmiş mühüm vasitə kimi çıxış edir. SI-nin proqnozlaşdırıcı modelləri, resursların ağıllı idarə olunması və enerji səmərəliliyini artıran alqoritmləri rəqəmsal mühitdə karbon izinin optimallaşdırılmasına əhəmiyyətli töhfələr verir.

SI-nin tətbiqi nəticəsində məlumat mərkəzlərindən tutmuş fərdi istifadəçi səviyyəsinə qədər geniş spektrdə enerji sərfiyyatının optimallaşdırılması mümkün olur. Ənənəvi idarəetmə sistemləri ilə müqayisədə, SI adaptiv və öyrənə bilən strukturları ilə daha dayanıqlı və dinamik həllər təqdim edir. Kod effektivliyinin artırılması və hesablama yükünün azaldılması sayəsində isə SI-nin özü də daha az enerji ilə işləyərək ekoloji yükü minimuma endirə bilir.

Nəticə etibarilə, rəqəmsal mühitin inkişafı ilə ekoloji məsuliyyət arasında balansın qorunması zərurəti yaranır. Bu balans yalnız texnologiyaların funksional deyil, həm də etik və ekoloji baxımdan davamlı şəkildə layihələndirilməsi ilə mümkündür. Süni intellekt bu baxımdan strateji əhəmiyyət daşıyır: o, həm rəqəmsal transformasiyanın aparıcı qüvvəsidir, həm də yaşıl texnologiyalara keçidin əsas vasitələrindən biridir. Gələcək texnoloji inkişafının ekoloji dəyərlərlə uzlaşdırılması üçün SI-nin məqsədyönlü və məsuliyyətli şəkildə tətbiqi vacib şərt kimi qəbul edilməlidir.

ƏDƏBİYYAT

1. "Azərbaycan Respublikasının inkişafı naminə informasiya və kommunikasiya texnologiyaları üzrə Milli Strategiya (2003-2012-ci illər)". <https://e-qanun.az/framework/1969>
2. "Azərbaycan 2030: sosial-iqtisadi inkişafa dair Milli Prioritetlər". <https://president.az/az/articles/view/50474>
3. "Azərbaycan Respublikasının 2022–2026-cı illərdə sosial-iqtisadi inkişaf Strategiyası"nın təsdiq edilməsi haqqında. <https://e-qanun.az/framework/50013>
4. Azərbaycan Respublikasında Rəqəmsal İnkişaf Konsepsiyası. 16 yanvar 2025. https://ict.az/uploads/7b72d9ce4de45ac4fee0c4b1c8ffb392_5253488.pdf
5. Azərbaycan Respublikasının 2025–2028-ci illər üçün süni intellekt Strategiyası, 19 mart 2025-ci il. <https://president.az/az/articles/view/68364>
6. Əliyev R.Ə., Cəfərov S.M., Babayev M.C., Hüseynov B.Q. İntellektual sistemlərin qurulma prinsipləri və layihələndirilməsi. Bakı: Nərgiz, 2005, 368 s.
7. İqlim dəyişmələrinə adaptasiya. <https://meteo.az/index.php?ln=az&pg=21>
8. Mustafayeva A.M. Süni intellekt texnologiyalarının inkişaf perspektivləri. Mingəçevir Dövlət Universitetində "Davamlı inkişaf strategiyası: global trendlər, milli təcrübələr və yeni hədəflər" adlı Beynəlxalq Elmi Konfrans", 10-11 dekabr 2021. S.47-53. https://www.mdu.edu.az/images/pdf/KONFRANS_2021_1.pdf
9. Climate Action. <https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement>
10. Questions and Answers: EU action plan on digitalising the energy system. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_22_6229
11. Lin Chen, · Zhonghao Chen, · Yubing Zhang, · Yunfei Liu .and other. · Artificial intelligence-based solutions for climate change: a review. Environmental Chemistry Letters <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01617-y>
11. Belkhir L., Elmeligi A. Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations. / Journal of Cleaner Production, 2018, vol. 177, pages 448-463
12. Mobiles: the global carbon footprint. <https://therestartproject.org/the-global-footprint-of-mobiles/>
13. <https://company.ovo.com/think-before-you-thank-if-every-brit-sent-one-less-thank-you-email-a-day-we-would-save-16433-tonnes-of-carbon-a-year-the-same-as-81152-flights-to-madrid/>
14. Matt O'brien. Artificial intelligence technology behind ChatGPT was built in Iowa with a lot of water. <https://apnews.com/article/chatgpt-gpt4-iowa-ai-water-consumption-microsoft-f551fde98083d17a7e8d904f8be822c4>
15. Obringer R. and and others. The overlooked environmental footprint of increasing Internet use. / Resources, Conservation & Recycling, 2021
16. Cruickshank A. How to reduce your digital carbon footprint // Footprint Magazine. – 2021. December. <https://www.footprintmag.net/how-to-reduce-your-digital-carbon-footprint/>

ABSTRACT

*Aida Mustafayeva
Elmira Israfilova*

Analysis of Carbon Emission Optimization Methods in the Digital Environment Using Artificial Intelligence

The rapid development of digital technologies and their penetration into all areas of society have led to an increase in energy consumption and, as a result, carbon emissions. Activities such as data centers, cloud technologies, video streaming services, and training artificial intelligence models have become major digital sources that affect the environment on a global scale. According to reports by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), operating under the UN, effective management of energy consumption in these areas and strengthening environmental responsibility are the main directions in the fight against climate change. This article analyzes the role of artificial intelligence in optimizing carbon emissions in the digital environment. Approaches such as the application of predictive models, intelligent resource planning, increasing code efficiency, and Green AI (Green Artificial Intelligence) show that AI technologies can contribute to environmental sustainability. The steps taken in this direction by leading technology companies such as Google, Microsoft, and Amazon, and open source initiatives demonstrate the practical power of artificial intelligence. The article concludes that artificial intelligence is not only a driving force for digital development but also an important tool for ensuring environmental responsibility. Strategic and targeted application of AI is considered an essential condition for establishing the optimal balance between digital transformation and ecological balance.

Key words: *Digital environment, Carbon emissions, Data centers, Cloud technologies, Energy consumption, Artificial intelligence (AI)*

RƏQƏMSAL İDARƏETMƏDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ PROBLEMLƏRİ VƏ PERSPEKTİVLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419346>

Aidə MUSTAFAYEVA

Orcid ID: 0000-0003-0801-5605

Mingəçevir Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Məqalədə rəqəmsal idarəetmədə süni intellektin (Sİ) tətbiqi ilə bağlı aktual problemlər və perspektivlər beş əsas istiqamət üzrə əhatəli şəkildə təhlil olunur: idarəetmə modellərində Sİ-nin tətbiqi, rəqəmsal transformasiyadakı rolu, hüquqi və etik məsələlər, dövlət strategiyalarında rəqəmsal hökumət və Sİ-nin qarşılıqlı əlaqəsi, həmçinin kibertəhlükəsizlik kontekstində yaranan təhdidlər. İlk olaraq qeyd olunur ki, Sİ idarəetmədə qərar qəbulətməni sürətləndirir, resurslardan istifadənin səmərəliliyini artırır və idarəetmə çevikliyini yüksəldir. Bu texnologiyalar vasitəsilə real vaxt rejimində məlumat emalı, risklərin qabaqcadan müəyyənəşdirilməsi və optimal qərarların verilməsi mümkün olur. İkinci istiqamət olaraq, rəqəmsal transformasiyanın əsas hərəkətverici qüvvəsi kimi çıxış edən Sİ texnologiyalarının sosial təsirləri, xüsusilə işsizlik, ixtisas uyğunsuzluğu və insan resurslarının əvəzlənməsi problemləri diqqətə çatdırılır. Üçüncü və dördüncü istiqamətlər hüquqi və etik çətinliklər, həmçinin milli səviyyədə tətbiq edilən dövlət strategiyaları ilə bağlıdır. Burada Azərbaycan təcrübəsi – ASAN və DOST xidmətlərinin süni intellektlə integrasiyası nümunə kimi göstərilir. Beşinci istiqamət isə kibertəhlükəsizlik sahəsində Sİ-nin yaratdığı yeni təhdidlərə və bu sahədə müdafiə mexanizmlərinin formalaşdırılmasına həsr olunur. Nəticə olaraq, məqalədə süni intellektin idarəetməyə integrasiyasının təkcə texnoloji yenilik kimi deyil, həm də institusional və sosial münasibətlərin transformasiyası kimi qiymətləndirilməsi vurğulanır. Tədqiqatın sonunda hibrid – insan və süni intellekt əməkdaşlığına əsaslanan modelin ən optimal yanaşma olduğu qənaətinə gəlinir.

Açar sözlər: Süni intellekt, rəqəmsal idarəetmə, etik və hüquqi problemlər, rəqəmsal transformasiya, qərar qəbulətmə sistemləri.

GİRİŞ (Introduction)

İdarəetmə sahəsində süni intellektin tətbiqi rəqəmsal transformasiya prosesinin əsas istiqamətlərindən biri kimi nəzərdən keçirilsə də, bu texnologiyanın insan resurslarına təsiri birmənalı qarşılanmır. Bir tərəfdən, süni intellekt iş proseslərini optimallaşdıraraq qərar qəbulətməni sürətləndirir, səhvləri azaldır və resurslardan daha səmərəli istifadəni təmin edir. Digər tərəfdən, bir çox peşə sahəsində insan əməyinin əvəzlənməsi kütləvi işsizlik və sosial gərginlik kimi risklər yaradır. Xüsusilə, inkişaf etməkdə olan ölkələrdə əmək bazarının qeyri-adekvat strukturu və işçilərin yenidən ixtisaslaşma imkanlarının məhdudluğu bu problemin daha da dərinləşməsinə səbəb ola bilər. Bundan əlavə, süni intellektin idarəetmədə geniş

tətbiqi etik və hüquqi çağırışlar yaradır. Süni intellekt əsaslı idarəetmə sistemləri verilənlərə əsaslanan qərarlar qəbul etdiyindən, əgər bu verilənlər qərəzli və ya natamam olarsa, sistemlər yanlış və ədalətsiz qərarlar verə bilər. Bu, xüsusilə kadr seçimi, maliyyə kreditləri, hüquqi sistem və səhiyyə sahəsində tətbiq olunan avtomatlaşdırılmış qərar qəbulətmə modellərində müşahidə edilən problemlərdən biridir. Avropa İttifaqı, ABŞ və Çin kimi qabaqcıl texnologiya ölkələri artıq süni intellektin etik çərçivələrini müəyyənləşdirmək üçün xüsusi qanunvericilik aktları qəbul etsələr də, bu tənzimləmələr hələ də global səviyyədə tam formalaşmamışdır. Azərbaycanın süni intellektin idarəetmə sistemlərində tətbiqi ilə bağlı həyata keçirdiyi yeni strategiyalar bu texnologiyaların effektiv və balanslaşdırılmış istifadəsini təmin etməyi hədəfləyir. Lakin bu prosesdə əsas problemlərdən biri süni intellektin yaratdığı işsizlik risklərinin necə idarə olunacağı, etik və hüquqi problemlərin hansı tənzimləyici mexanizmlər vasitəsilə həll ediləcəyi və insan-süni intellekt əməkdaşlığının optimal modelinin necə qurulacağıdır. Bu kontekstdə, tədqiqatın əsas məqsədi süni intellektin idarəetmədə tətbiqinin yaratdığı problemləri araşdırmaq, onların sosial və iqtisadi təsirlərini qiymətləndirmək və mövcud risklərin azaldılması üçün optimal həll yollarını müəyyənləşdirməkdir.

MATERIAL VƏ METODLAR (Methods)

Tədqiqatın məqsədi rəqəmsal idarəetmə sistemlərində süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının tətbiq imkanlarını, institusional və texnoloji problemləri, eyni zamanda milli və beynəlxalq səviyyədə inkişaf perspektivlərini sistemli şəkildə araşdırmaqdan ibarətdir. Bu məqsədlə tədqiqat çoxölçülü metodoloji yanaşmaya əsaslanaraq müxtəlif mənbə və üsulların kombinasiyasını əhatə etmişdir. Bunun üçün Scopus, Web of Science, Springer, IEEE Xplore və Elsevier kimi beynəlxalq elmi bazalardan 2018–2024-cü illəri əhatə edən bir neçə akademik məqalə və konfrans materialı təhlil edilmişdir. Bu məqalələrdə əsasən aşağıdakı istiqamətlərə diqqət yetirilmişdir:

- Süni intellektin idarəetmədə tətbiq modelləri;
- Rəqəmsal transformasiyada Sİ-nin rolu;
- Sİ-nin hüquqi və etik problemləri;
- Dövlət strategiyalarında süni intellekt və rəqəmsal hökumət əlaqələri;
- Kibertəhlükəsizliklə Sİ-nin əlaqəli təhdidləri.

Süni intellektin (Sİ) idarəetmə sistemlərinə integrasiyası müasir dövrdə yalnız texnoloji transformasiya ilə məhdudlaşmır, eyni zamanda institusional strukturlaşma və sosial münasibətlərin yenidən formalaşdırılması ilə sıx bağlıdır. Bu baxımdan süni intellektin idarəetmədə tətbiqi sadəcə texnoloji innovasiya deyil, həm də strateji idarəetmə modellərinin yenilənməsi deməkdir. Ədəbiyyatda bu sahədə aparılan elmi tədqiqatlar süni intellektin idarəetmə strukturlarına integrasiyasını müxtəlif funksional modellərlə şərtləndirir. Məsələn, proqnozlaşdırıcı analitika modelləri vasitəsilə idarəetmə subyektləri qarşıdakı proseslərə dair səmərəli qərarlar qəbul edə bilirlər. Bu modellər vergi və fiskal siyasət, səhiyyə planlaşdırması və fəvqəladə hallar üzrə idarəetmədə geniş tətbiq olunmaqla risklərin əvvəlcədən müəyyənləşdirilməsinə və çevik cavab mexanizmlərinin formalaşdırılmasına şərait yaradır. Digər tərəfdən, qərar dəstəkləyici sistemlər (Decision Support Systems) idarəetmə subyektlərinə real vaxt rejimində alternativ ssenarilərin qiymətləndirilməsi, optimal qərarların

seçilməsi və strateji planlaşdırma imkanları təqdim edir. Belə yanaşmalar idarəetmənin çevikliyini və reaksiya qabiliyyətini artırır. Avtomatlaşdırılmış idarəetmə alqoritmləri isə xüsusilə kompleks infrastrukturların – məsələn, şəhər nəqliyyatı, su və enerji şəbəkələrinin idarə olunmasında effektiv vasitə kimi çıxış edir. Bu texnologiyalar insan müdaxiləsini minimuma endirərək sistemin dayanıqlığını və məhsuldarlığını yüksəldir. Elmi mənbələrə əsasən, ən effektiv idarəetmə modeli insan və süni intellekt sinerjisinə əsaslanan hibrid yanaşmadır. Bu model qərarların qəbulunda həm alqoritmik hesablama gücünü, həm də insan təcrübəsini birləşdirərək şəffaflıq, hesabatlılıq və çevik adaptasiya baxımından üstün nəticələr verir. Azərbaycan kontekstində aparılan təhlillər göstərir ki, dövlət xidmətlərinin – xüsusilə ASAN və DOST kimi platformaların – süni intellekt texnologiyaları ilə təchiz olunması, bu tətbiq modellərinin milli idarəetmə sistemlərinə mərhələli və sistemli şəkildə integrasiya olunması üçün real əsaslar formalaşdırır (4,5,6). Belə yanaşmalar ölkənin rəqəmsal transformasiya prosesində strateji idarəetmənin effektivliyini artırmaqla yanaşı, vətəndaş məmnuniyyətinin yüksəldilməsinə də xidmət edir.

Rəqəmsal transformasiya çağdaş idarəetmə sistemlərinin və ictimai xidmətlərin əsas struktur komponentinə çevrilmişdir və bu transformasiyanın əsas hərəkətverici qüvvəsi kimi süni intellekt çıxış edir. Süni intellekt texnologiyaları yalnız informasiya axınını sürətləndirməklə kifayətlənmir, həm də mürəkkəb idarəetmə proseslərinin avtomatlaşdırılması və optimallaşdırılması üçün yeni imkanlar yaradır. Beynəlxalq miqyasda Çin, Estoniya və Sinqapur kimi qabaqcıl ölkələr tərəfindən tətbiq olunan intelligent e-Government modelləri süni intellektin dövlət xidmətlərinin idarə olunmasında necə əsaslı struktur dəyişikliyinə səbəb olduğunu nümayiş etdirir. Bu ölkələrdə SI texnologiyaları real zamanlı informasiya emalı, istifadəçi yönümlü xidmətlərin fərdiləşdirilməsi və xidmət keyfiyyətinin yüksəldilməsi istiqamətində tətbiq olunur. Süni intellekt əsaslı rəqəmsal platformalar idarəetmə sistemlərində sadəcə texnoloji vasitə deyil, informasiya analitikasını və qərarvermə mexanizmlərini yeni bir mərhələyə daşıyan mühüm infrastruktur komponenti kimi çıxış edir. Belə platformalar informasiya axınını avtomatlaşdırmaqla yanaşı, istifadəçi məlumatlarını analiz edərək vətəndaşlara fərdi ehtiyaclara uyğunlaşdırılmış xidmətlər təqdim edir. Bu isə dövlət-vətəndaş münasibətlərində daha dinamik və çevik qarşılıqlı əlaqəni təmin edir. Eyni zamanda data-driven idarəetmə modeli, yəni məlumat yönümlü dövlət idarəçiliyi konsepsiyası süni intellektin real zamanlı analiz imkanları hesabına sosial və iqtisadi dəyişiklikləri daha əvvəlcədən proqnozlaşdırmağa və adekvat cavablar formalaşdırmağa imkan verir. Azərbaycan üçün bu yanaşma xüsusilə aktualdır. "Rəqəmsal Transformasiya Konsepsiyası" çərçivəsində dövlətin və özəl sektorun süni intellekt texnologiyalarına integrasiyası milli idarəetmənin çevikliyini və şəffaflığını artırmaqla yanaşı, rəqəmsal iqtisadiyyatın inkişafı üçün də yeni impuls yaradır. Bu kontekstdə süni intellekt yalnız texnoloji deyil, həm də institusional və sosial transformasiyanın əsas sütunlarından biri kimi çıxış edir.

Süni intellektin idarəetmə sistemlərinə integrasiyası yalnız texnoloji və təşkilati məsələlərlə məhdudlaşmır, eyni zamanda ciddi hüquqi və etik problemlər kontekstində də geniş müzakirələrə səbəb olur. Bu problemlər süni intellektin hüquqi statusu, qərarvermə

mexanizmlərinin şəffaflığı, alqoritmik qərarlər və etik məsuliyyət kimi kompleks məsələləri əhatə edir. Beynəlxalq elmi ədəbiyyatda xüsusilə qərarların izah edilə bilməsi – yəni explainability məsələsi ön plana çıxır. Avtomatlaşdırılmış sistemlər tərəfindən qəbul edilən qərarların səbəblərinin aydın şəkildə izah edilə bilməsi hüquqi məsuliyyətin düzgün bölgüsü və istifadəçi etimadının təmin olunması baxımından fundamental əhəmiyyət daşıyır(6).

Süni intellektin hüquqi məsuliyyət kontekstində isə qərarların nəticələrinə görə kimlərin cavabdeh olacağı məsələsi hələ də tam aydınlaşdırılmayıb. (6) qey edilir ki, alqoritmik qərarlara görə məsuliyyətin proqramçının, istifadəçinin, yoxsa təşkilatın üzərində olması hüquqi doktrinalarda yenidən nəzərdən keçirilməlidir. Bu çərçivədə mülki hüquq və inzibati hüquq prinsiplərinin yenidən interpretasiyası tələb olunur. Qlobal miqyasda bu problemlərin aradan qaldırılması üçün müxtəlif təşkilatlar – Avropa Birliyi, OECD və UNESCO kimi qurumlar tərəfindən AI Ethics Guidelines qəbul edilmişdir. Bu tövsiyələr şəffaflıq, hesabatlılıq, insan yönümlülük, təhlükəsizlik və insan hüquqları prinsiplərini özündə birləşdirir. Azərbaycanda isə bu istiqamətdə konkret addımlar atılmaqdadır. 2025–2028-ci illəri əhatə edən "Süni İntellekt Strategiyası" çərçivəsində etik və hüquqi tənzimləmə mexanizmlərinin formalaşdırılması prioritet istiqamət kimi müəyyən edilmişdir. Bu strategiyada insan hüquqlarının qorunması, alqoritmik şəffaflığın təmin edilməsi və süni intellektin cavabdeh və etibarlı tətbiqi əsas hədəflər sırasındadır. Bu yanaşma ölkənin rəqəmsal idarəetməsində süni intellektin məsuliyyətli istifadəsi üçün hüquqi və institusional baza formalaşdırmağa yönəlib.

Süni intellektin dövlət idarəetməsində effektiv və davamlı şəkildə tətbiqi onun təkcə texnoloji innovasiya kimi deyil, həm də milli strategiyalarla və rəqəmsal hökumət təşəbbüsləri ilə integrasiya olunmuş şəkildə həyata keçirilməsi ilə mümkündür. Beynəlxalq praktika göstərir ki, SI-nin idarəetmə sistemlərinə uğurlu integrasiyası üçün onun rəqəmsal idarəetmə modelləri ilə sinerji yaratması əsas şərtidir. OECD ölkələrində bu yanaşma artıq normativ tendensiya kimi formalaşmış; burada süni intellekt və rəqəmsal idarəetmə sahəsindəki strategiyalar ayrı-ayrılıqda deyil, qarşılıqlı şəkildə əlaqələndirilmiş və bir-birini tamamlayan sənədlər şəklində inkişaf etdirilir. Bu yanaşma həm idarəetmədə səmərəliliyin artırılması, həm də rəqəmsal suverenliyin təmin olunması baxımından optimal sayılır.

Avropa Komissiyası süni intellekti rəqəmsal transformasiyanın mərkəzi elementi kimi deyil, eyni zamanda rəqəmsal suverenliyin təminatçısı kimi qiymətləndirir. Bu baxımdan SI texnologiyalarının Avropa ölkələrindəki tətbiqi yalnız xidmət keyfiyyətinin artırılmasına deyil, həm də texnoloji müstəqilliyin qorunmasına yönəlib. Digər tərəfdən, Sinqapur və Birləşmiş Ərəb Əmirlikləri kimi qabaqcıl ölkələrdə süni intellekt və rəqəmsal hökumət sahələrinin integrasiyası üçün institusional çərçivə daha da gücləndirilmişdir. Burada AI Ministries, Smart Nation Offices kimi mərkəzləşdirilmiş texnoloji idarəetmə strukturları yaradılaraq həm texnoloji koordinasiya, həm də siyasətlərin effektiv icrası təmin olunur.

Azərbaycan kontekstində də son illər bu istiqamətdə nəzərəcarpacaq irəliləyişlər müşahidə olunur. Xüsusilə 2023–2027-ci illəri əhatə edən Kibertəhlükəsizlik Strategiyası, 2025–2028-ci illər üçün qəbul edilmiş Süni İntellekt Strategiyası və daha əvvəlki "Rəqəmsal Transformasiya Konsepsiyası" rəqəmsal idarəetmənin əsas istiqamətlərini müəyyən edir. Bu sənədlər texnoloji inkişafın prioritetlərini formalaşdırmaqla yanaşı, dövlət xidmətlərinin

avtomatlaşdırılması, vətəndaşlara yönəlik rəqəmsal platformaların yaradılması və rəqəmsal təhlükəsizliyin təmin edilməsi kimi məqsədləri hədəfləyir. Bununla belə, mövcud strategiyalar arasında koordinasiya və sinxron fəaliyyət mexanizmlərinin institusional səviyyədə gücləndirilməsi daha ardıcıl və kompleks yanaşmanı tələb edir. Əks halda, müxtəlif strategiyalar arasında təkrarlanan və ya ziddiyyətli tədbirlər riski artır və dövlət idarəetməsində texnoloji integrasiyanın effektivliyi zəifləyə bilər. Bu səbəbdən, milli strategiyaların qarşılıqlı uyğunlaşdırılması və ümumi rəqəmsal idarəetmə vizyonuna əsaslanan icra mexanizmlərinin qurulması ölkənin rəqəmsal transformasiya prosesində süni intellektin real və faydalı tətbiqi üçün fundamental şərtlərdəndir.

Süni intellekt, həm kibertəhlükəsizliyin inkişafında əhəmiyyətli rol oynasa da, eyni zamanda yeni növ təhlükə mənbəyinə çevrilir. Bu qarşıdurma elmi ədəbiyyatda dualist yanaşma olaraq xarakterizə edilir, çünki SI həm kibertəhlükəsizliyin qorunmasında, həm də hücumların həyata keçirilməsində istifadə oluna bilər.

Süni intellektin kibertəhlükəsizlik sahəsində istifadəsi əsasən təhdidlərin erkən aşkarlanması və qarşısının alınması üçün tətbiq olunur. AI əsaslı sistemlər, məsələn, anomaliyaların aşkar edilməsi, təhdidlərin proqnozlaşdırılması və hücumlara cavab verilməsi kimi funksiyaları yerinə yetirir. Bu yanaşma kiber müdafiə sahəsində böyük potensiala malikdir və inkişaf etdirildikcə daha effektiv nəticələr verir (5).

Digər tərəfdən, süni intellekt həm də kibertəhlükəsizlik sahəsində yeni növ təhdidlərə səbəb olur. AI sistemlərinin zəifliklərini hədəf alan kiberhücumlar, o cümlədən adversarial attacks (tərs hücumlar), data poisoning (məlumatın zəhərlənməsi) və model inversion (modelin tərsinə çevrilməsi) kimi texnikalarla həyata keçirilir. Bu hücumlar SI-nin özünü və onunla işləyən sistemləri təhlükəyə ata bilər, bu da kibertəhlükəsizlik sahəsində yeni çağırışlar yaradır.

Həmçinin, süni intellektin istifadə edildiyi avtomatlaşdırılmış sistemlərə vətəndaşların etimadının təmin edilməsi də böyük əhəmiyyət kəsb edir. Avtomatlaşdırılmış sistemlərin təhlükəsizliyi və sabit fəaliyyəti təmin olunmazsa, bu, cəmiyyətin süni intellektə və bu texnologiyalardan istifadə edən sistemlərə qarşı etibarını sarsıda bilər (6).

Azərbaycanda da bu sahə ilə bağlı həm potensial, həm də təhdidlər mövcuddur. 2023–2027-ci illəri əhatə edən Kibertəhlükəsizlik Strategiyası və 2025–2028-ci illər üçün qəbul edilmiş Süni İntellekt Strategiyası bu riskləri nəzərə alaraq qarşılıqlı gücləndirmə mexanizmləri qurmağı planlaşdırır. Lakin tədqiqatlar göstərir ki, bu iki sahə arasındakı əlaqələr və kadr potensialı hələ də tam formalaşmayıb və inkişaf etməyə davam edir. Bu səbəbdən, kibertəhlükəsizlik və süni intellekt sahələrindəki risklərin qarşısının alınması üçün daha sıx əlaqə və koordinasiya tələb olunur.

ƏLDƏ OLUNAN NƏTİCƏLƏR (Results)

Aparılan təhlillər nəticəsində qeyd olunan istiqamətlərin müqayisəli təhlili cədvəl 1-5-də təsvir olunmuşdur.

Cədvəl 1-də Süni intellektin idarəetmədə tətbiq modelləri istiqaməti üzrə beynəlxalq təcrübə modelləri təhlil olunmuşdur (6-8).

Cədvəl 1.

İstiqamət	Praktik tətbiq nümunə	Ölkə	Təhlil
Süni intellektin idarəetmədə tətbiq modelləri	Proqnozlaşdırıcı analitika modelləri (vergi, səhiyyə və fəvqəladə hallar sahəsində)	ABŞ, Böyük Britaniya	ABŞ və Böyük Britaniya, süni intellektdən vergi və səhiyyə sistemlərində proqnozlaşdırıcı analitika üçün istifadə edirlər. Bu, vergi ödəyicilərinin davranışını və səhiyyə ehtiyaclarını daha dəqiq proqnozlaşdırmağa imkan verir.
	Qərar dəstəkləyici sistemlər (real vaxtda qərar optimallaşdırılması)	Cənubi Koreya	Cənubi Koreya, Sİ əsaslı qərar dəstəkləyici sistemlər istifadə edərək hökumət və biznes qərarlarını optimallaşdırır. Bu sistemlər, real vaxtda məlumatları təhlil edərək ən yaxşı qərarı tapmağa kömək edir.
	Avtomatlaşdırılmış idarəetmə alqoritmləri (şəhər nəqliyyatı və resurs idarəetməsi)	Niderland, Yaponiya	Niderland və Yaponiya şəhər nəqliyyatını və su resurslarının idarə edilməsində süni intellekt əsaslı alqoritmlərdən istifadə edirlər, bu da səmərəliliyi artırır.

Cədvəl 2-də Rəqəmsal transformasiyada Sİ-nin rolu istiqaməti üzrə beynəlxalq təcrübə modelləri təhlil olunmuşdur.

Cədvəl 2.

İstiqamət	Praktik tətbiq nümunə	Ölkə	Təhlil
Rəqəmsal transformasiyada Sİ-nin rolu	Intelligent e-Government modelləri (elektron hökumət xidmətləri)	Estoniya, Çin, Sinqapur	Estoniya, Çin və Sinqapur, elektron hökumət xidmətlərini süni intellektlə təchiz etmişdir. Bu ölkələr vətəndaşlara daha sürətli və şəxsi xidmətlər təqdim edir.
	Süni intellekt əsaslı rəqəmsal platformalar (fərdiləşdirilmiş xidmətlər)	ABŞ, Kanada	ABŞ və Kanada, müasir rəqəmsal platformalar vasitəsilə istifadəçilərə fərdiləşdirilmiş xidmətlər təqdim edirlər. Bu platformalar istifadəçilərin

			ehtiyaclarını avtomatik təhlil edərək uyğun xidmətləri təqdim edir.
	Data-driven Public Administration (sosial və iqtisadi trendlərin proqnozlaşdırılması)	Avstraliya, Finlandiya	Avstraliya və Finlandiya, Sİ əsaslı idarəetmə sistemləri istifadə edərək sosial-iqtisadi trendləri real vaxtda təhlil edir və vətəndaş ehtiyaclarına çevik reaksiya verir.

Cədvəl 3-də Sİ-nin hüquqi və etik problemləri istiqaməti üzrə beynəlxalq təcrübə modelləri təhlil olunmuşdur.

Cədvəl 3.

İstiqamət	Praktik tətbiq nümunə	Ölkə	Təhlil
Sİ-nin hüquqi və etik problemləri	Qərarların izah edilməsi və şəffaflığı (hüquqi məsuliyyət)	Avropa Birliyi, ABŞ	Avropa Birliyi və ABŞ-da Sİ-nin qərarlarının şəffaflığı və izah edilə bilməsi məsələsi prioritetdir. Avropa Komissiyası və ABŞ-ın hüquqi qurumları bu məsələləri hüquqi tənzimləmələr vasitəsilə həll edir.
	Alqoritmik tərəfsizlik və diskriminasiya (tarixi məlumatlardakı qərəzlər)	ABŞ, Böyük Britaniya	ABŞ və Böyük Britaniya, Sİ alqoritmlərinin diskriminasiya və qərəzlərə səbəb olmaması üçün müxtəlif tənzimləmələr tətbiq edirlər. Bu, sosial ədalət məsələlərini həll etmək üçün vacibdir.
	Mülki və etik məsuliyyət (Sİ-nin qərarlarına görə cavabdehlik)	Avstraliya, Kanada	Avstraliya və Kanadada, süni intellektin nəticələrinə görə hüquqi cavabdehlik məsələləri tənzimlənir. Həmçinin, etik məsələlərin həlli üçün xüsusi etik çərçivələr mövcuddur.

Cədvəl 4-də Sİ-nin hüquqi və etik problemləri istiqaməti üzrə beynəlxalq təcrübə modelləri təhlil olunmuşdur.

Cədvəl 4.

İstiqamət	Praktik tətbiq nümunə	Ölkə	Təhlil

Dövlət strategiyalarında Sİ və rəqəmsal hökumət əlaqələri	Süni intellekt və rəqəmsal idarəetmə strategiyalarının birgə tətbiqi	Avropa Komissiyası, Sinqapur	Avropa Komissiyası süni intellekti rəqəmsal suverenliyin tərkib hissəsi olaraq qiymətləndirir. Sinqapurda isə AI və e-Government üçün mərkəzləşdirilmiş texnoloji qurumlar mövcuddur.
	Süni intellektin dövlət strategiyalarına daxil edilməsi (AI və e-Government sinerjisi)	Birləşmiş Ərəb Əmirlikləri	Birləşmiş Ərəb Əmirlikləri, Sİ və rəqəmsal hökuməti sinerji yaratmaq üçün birləşdirərək mərkəzləşdirilmiş texnoloji qurumlar (AI Ministries) yaradır.
	Rəqəmsal transformasiya strategiyaları (Milli rəqəmsallaşma proqramları)	Azərbaycan	Azərbaycanda Süni İntellekt Strategiyası (2025–2028) və Kibertəhlükəsizlik Strategiyası (2023–2027) arasında koordinasiyanı gücləndirmək üçün strateji addımlar atılır.

Cədvəl 5-də Kibertəhlükəsizliklə Sİ-nin əlaqəli təhdidləri istiqaməti üzrə beynəlxalq təcrübə modelləri təhlil olunmuşdur.

Cədvəl 5.

İstiqamət	Praktik tətbiq nümunə	Ölkə	Təhlil
Kibertəhlükəsizliklə Sİ-nin əlaqəli təhdidləri	Sİ əsaslı kibertəhlükəsizlik (təhdidlərin proqnozlaşdırılması və hücumlara cavab)	ABŞ, Yaponiya	ABŞ və Yaponiya, süni intellektdən kibertəhlükəsizlik sahəsində istifadə edərək anomaliyaları aşkarlamaq və hücumları önləmək üçün AI əsaslı sistemlər tətbiq edirlər.
	Kiberhücumların AI vasitəsilə həyata keçirilməsi (adversarial attacks, data poisoning)	Çin, Rusiya	Çin və Rusiya, AI əsaslı yeni kiberhücum texnikalarından istifadə edərək zəiflikləri istismar edirlər. Bu təhdidlər kibertəhlükəsizlik mütəxəssisləri üçün yeni çətinliklər yaradır.
	Etibarlılıq və inam problemi (avtomatlaşdırılmış sistemlərə etimad)	ABŞ, Almaniya	ABŞ və Almaniya, süni intellekt sistemlərinin təhlükəsizliyini təmin edərək vətəndaşların

			etimadını qazanmaq üçün xüsusi tədbirlər alır.

MÜZAKİRƏ (Discussion)

Cədvəl 1-5 göründüyü kimi, Süni intellekt, idarəetmənin müxtəlif sahələrində tətbiq olunur, xüsusilə proqnozlaşdırıcı analitika, qərar dəstəkləyici sistemlər və avtomatlaşdırılmış idarəetmə alqoritmləri kimi modellər vasitəsilə. Məsələn, ABŞ və Böyük Britaniya vergi və səhiyyə sistemlərində AI əsaslı proqnozlaşdırıcı analitika tətbiq edir, bu da vergi ödəyicilərinin davranışını və səhiyyə ehtiyaclarını daha dəqiq proqnozlaşdırmağa imkan verir. Cənubi Koreya isə AI əsaslı qərar dəstəkləyici sistemlərdən istifadə edərək, hökumət və biznes qərarlarını optimallaşdırır, real vaxtda məlumatları təhlil edərək ən yaxşı qərarı tapmağa kömək edir. Niderland və Yaponiya şəhər nəqliyyatını və su resurslarını idarə etmək üçün süni intellektdən istifadə edirlər, bu da idarəetmənin səmərəliliyini artırır.

Süni intellekt, rəqəmsal transformasiyanın əsas komponentlərindən biridir və xüsusilə elektron hökumət və rəqəmsal platformaların inkişafında mühüm rol oynayır. Estoniya, Çin və Sinqapur kimi ölkələr elektron hökumət xidmətlərini AI ilə təchiz ediblər, bununla da vətəndaşlara daha sürətli və fərdiləşdirilmiş xidmətlər təqdim edirlər. ABŞ və Kanada isə müasir rəqəmsal platformalar vasitəsilə istifadəçilərə fərdiləşdirilmiş xidmətlər təqdim edir, bu platformalar istifadəçilərin ehtiyaclarını avtomatik təhlil edərək uyğun xidmətləri təqdim edir. Avstraliya və Finlandiya, SI əsaslı idarəetmə sistemləri vasitəsilə sosial-iqtisadi trendləri real vaxtda təhlil edir və bu məlumatlara əsasən vətəndaş ehtiyaclarına çevik reaksiya verir.

Süni intellektin hüquqi və etik məsələləri həm fərdi, həm də cəmiyyət səviyyəsində mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Avropa Birliyi və ABŞ, SI-nin qərarlarının şəffaflığını və izah edilə bilməsini təmin etmək üçün müvafiq hüquqi tənzimləmələr tətbiq edirlər. Böyük Britaniya və ABŞ həmçinin AI alqoritmlərinin diskriminasiya və qərəzlərə səbəb olmaması üçün müxtəlif hüquqi tədbirlər görürlər. Avstraliya və Kanada isə süni intellektin nəticələrinə görə hüquqi cavabdehlik məsələlərini tənzimləyir, həmçinin etik məsələləri həll etmək üçün xüsusi çərçivələr təqdim edirlər.

Dövlət strategiyalarında süni intellekt və rəqəmsal hökumətin əlaqəli tətbiqi, ölkələrin rəqəmsal transformasiyanın səmərəliliyini artırmağa imkan verir. Avropa Komissiyası, süni intellekti rəqəmsal suverenliyin tərkib hissəsi olaraq qiymətləndirir, və bu yanaşma ölkələrin dövlət strategiyalarında tətbiq olunur. Birləşmiş Ərəb Əmirlikləri və Sinqapur, AI və e-Government üçün mərkəzləşdirilmiş texnoloji qurumlar (AI Ministries) yaradır, bu da iki sahənin sinerjisini təmin edir. Azərbaycan, 2025-ci ildə qəbul olunmuş Süni İntellekt Strategiyası və Kibertəhlükəsizlik Strategiyası arasında əlaqələndirmə imkanlarını gücləndirməyə çalışır.

Süni intellekt həm kibertəhlükəsizliyin inkişafında mühüm rol oynayır, həm də yeni növ təhlükə mənbəyinə çevrilir. ABŞ və Yaponiya, SI əsaslı kibertəhlükəsizlik sistemləri istifadə edərək təhdidləri proqnozlaşdırmaq və hücumları önləmək üçün AI əsaslı alqoritmlər tətbiq edirlər. Lakin Çin və Rusiya kimi ölkələr, AI vasitəsilə həyata keçirilən kibərhücum

texnikalarından istifadə edərək Sİ sistemlərinin zəifliklərini istismar edirlər. Bununla yanaşı, ABŞ və Almaniya süni intellektin təhlükəsizliyini təmin etmək üçün xüsusi tədbirlər alır və vətəndaşların bu sistemlərə etimadını qazanmağa çalışırlar.

Bu təhlillər göstərir ki, süni intellektin tətbiqi müxtəlif ölkələrdə müxtəlif sahələrdə geniş yayılıb və hər bir ölkə öz spesifik strateji məqsədləri və ehtiyaclarına uyğun olaraq bu texnologiyanı inkişaf etdirir.

ƏDƏBİYYAT

1. "Azərbaycan Respublikasının inkişafı naminə informasiya və kommunikasiya texnologiyaları üzrə Milli Strategiya (2003-2012-ci illər)". <https://e-qanun.az/framework/1969>
2. "Azərbaycan 2030: sosial-iqtisadi inkişafa dair Milli Prioritetlər". <https://president.az/az/articles/view/50474>
3. "Azərbaycan Respublikasının 2022–2026-cı illərdə sosial-iqtisadi inkişaf Strategiyası"nın təsdiq edilməsi haqqında. <https://e-qanun.az/framework/50013>
4. Azərbaycan Respublikasında Rəqəmsal İnkişaf Konsepsiyası. 16 yanvar 2025. https://ict.az/uploads/7b72d9ce4de45ac4fee0c4b1c8ffb392_5253488.pdf
5. "Azərbaycan Respublikasının informasiya təhlükəsizliyi və kibertəhlükəsizliyə dair 2023 "Azərbaycan Respublikasının işğaldan azad edilmiş ərazilərinə Böyük Qayıdışa dair I Dövlət Proqramı"nın təsdiq edilməsi haqqında. <https://e-qanun.az/framework/52757>
6. [Azərbaycan Respublikasının 2025–2028-ci illər üçün süni intellekt Strategiyası](https://president.az/az/articles/view/68364), 19 mart 2025-ci il. <https://president.az/az/articles/view/68364>
7. Əliyev R.Ə., Cəfərov S.M., Babayev M.C., Hüseynov B.Q. İntellektual sistemlərin qurulma prinsipləri və layihələndirilməsi. Bakı: Nərgiz, 2005, 368 s.
8. Mustafayeva A.M. Süni intellekt texnologiyalarının inkişaf perspektivləri. Mingəçevir Dövlət Universitetində "Davamlı inkişaf strategiyası: global trendlər, milli təcrübələr və yeni hədəflər" adlı Beynəlxalq Elmi Konfrans", 10-11 dekabr 2021. S.47-53. https://www.mdu.edu.az/images/pdf/KONFRANS_2021_1.pdf
9. Mustafayeva, A.M., Israfilova, E.N., Aliyev, E.M., Khalilov, E.O., Baxshiyeva, G.S. (2023). Analysis based on UX design of mobile platforms applied in agricultural sectors. journal of modern technology and engineering special issue | IECHCI-2022, p.59-64
10. Mustafayeva, A.M., Israfilova, Web design of intelligent parking system in traffic control. Journal of Modern Technology and Engineering. Vol.9/No.3, 2024.p.217-224. <http://jomardpublishing.com/journals.aspx?lang=en&id=1&menu=8>

ABSTRACT

Aidə MUSTAFAYEVA

PROBLEMS AND PERSPECTIVES OF THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DIGITAL CONTROL SYSTEMS

The article comprehensively analyzes the current problems and prospects for the application of artificial intelligence (AI) in digital governance in five main areas: the application of AI in governance models, its role in digital transformation, legal and ethical issues, the interaction of digital government and AI in state strategies, as well as threats arising in the context of cybersecurity. First, it is noted that AI accelerates decision-making in governance, increases the efficiency of resource use, and increases management flexibility. These technologies enable real-time data processing, risk prediction, and optimal decision-making. As a second area, the social impacts of AI technologies, which act as the main driving force of digital transformation, are highlighted, in particular, the problems of unemployment, skill mismatch, and replacement of human resources. The third and fourth areas are related to legal and ethical difficulties, as well as state strategies implemented at the national level. Here, the Azerbaijani experience - the integration of ASAN and DOST services with artificial intelligence - is an example. The fifth direction is devoted to new threats posed by AI in cybersecurity and the formation of defense mechanisms in this area. As a result, the article emphasizes the assessment of the integration of artificial intelligence into management not only as a technological innovation, but also as a transformation of institutional and social relations. At the end of the study, it is concluded that a hybrid model based on human and artificial intelligence cooperation is the most optimal approach.

Key words: Artificial intelligence, digital governance, ethical and legal issues, digital transformation, decision-making systems.

INTELLIGENT SYNTHESIS OF STABLE CONTROL FOR A NONLINEAR SYSTEM WITH UNCERTAINTIES

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419365>

Artemyev STEPANOVICH

artemev.VS@rea.ru;

Orcid ID : 0000-0002-0860-6328;

Department of Informatics;
Plekhanov Russian University
of Economics;
Moscow, Russian Federation;

Kargin LEKSANDROVICH

karginva@mgupp.ru.

Orcid ID: 0000-0003-3683-0041;

Moscow, Russian Federation;

Hajiyev ANAR

anar.hajiyev@aztu.edu.az

Orcid ID: 0000-0003-0636-9397

Azerbaijan Technical
University;
Baku, Azerbaijan;

ABSTRACT

The article considers the problem of synthesis of stable control for a nonlinear dynamic system with uncertainties, describing the behavior of a vessel with an installed damping device. A gradient approach to constructing a control action is used, ensuring asymptotic stability of the equilibrium position in the presence of restrictions on phase variables and structural uncertainty of the model. An analysis of the derivative of the function along the trajectories of the system is performed, which allows us to justify stability from the standpoint of the classical Lyapunov theorem. In this document, we study the problem of synthesis of stable control for a nonlinear dynamic system with an a priori uncertain structure describing the longitudinal rocking of a sea vessel equipped with a damping device. Taking into account the presence of restrictions on phase variables and the a priori inaccuracy of the model, the synthesis is carried out on the basis of a gradient control algorithm adapted to the conditions of uncertainty. The basis of the method is the construction of a special control action that minimizes the value of a positively defined function. A complete analysis of the time derivative of the function $V(x) = x^T Px$ along the trajectories of a closed system was carried out, which made it possible to strictly justify the asymptotic stability of the equilibrium based on the extended Lyapunov criterion under the condition of a limited region of admissible states. The article discusses the possibilities of implementing synthesized control using software robotics, real-time microcontrollers and neural network adaptation modules. An algorithm has been proposed and additionally ordered, using artificial intelligence methods and digital modeling, thanks to which it is possible to significantly increase the adaptability and stability of stabilization systems operating in conditions of a dynamically changing external environment and parametric uncertainty.

Key words: control synthesis; uncertainties, gradient control; artificial intelligence, synthesis of systems with gradient control

INTRODUCTION

The synthesis of control systems for nonlinear dynamic objects with an a priori undefined structural composition represents one of the fundamental problems of modern control theory, particularly in contexts characterized by high levels of parametric uncertainty and non-stationary external disturbances. Such systems are often encountered in maritime robotics, aerospace engineering, and autonomous platforms operating under constraints of limited computational and energetic resources. One prominent example is the problem of stabilizing the angular motion of a marine vessel subjected to longitudinal rocking, for which traditional linear control paradigms prove insufficient due to the presence of structural nonlinearities, non-convex constraints on the phase space, and the necessity to operate under incomplete information about the dynamics of the medium.

In recent years, increasing attention has been directed toward the development of gradient-based control algorithms capable of achieving asymptotic stabilization by minimizing positively

defined Lyapunov candidate functions within admissible domains of state trajectories. The methodological foundation of such approaches lies in the construction of feedback laws derived from the directional descent of Lyapunov-like functionals along the solutions of the closed-loop system, while accounting for dissipative phenomena, underactuation, and bounded control authority. These algorithms are particularly attractive in scenarios involving incomplete parametric identification, as they do not require full reconstruction of the system's structural matrices but instead adaptively exploit available measurements to ensure robust convergence. The present work addresses the control synthesis problem for a class of nonlinear second-order systems characterized by complex damping and restoring moment functions, describing the rotational dynamics of a robotic vessel equipped with a damping stabilization module. The dynamical model incorporates nonlinear dissipative terms proportional to the product of angular velocity and absolute acceleration, along with an uncertain potential term $M(\theta)$, whose precise analytical form is either unknown or partially observable. The control input enters the dynamics through a scaling factor β_k , subject to boundedness and uncertainty, rendering the control-affine structure incomplete. To overcome these challenges, we propose a gradient-based synthesis framework wherein the control action is explicitly designed to minimize a quadratic Lyapunov function of the form $V(x) = x^T P x$, with matrix P chosen to ensure positive definiteness and alignment with the system's geometry. The proposed scheme accounts for operational constraints on the state space, as well as structural model uncertainty, and leads to a control law that ensures asymptotic convergence to equilibrium states under extended Lyapunov stability conditions. Moreover, the feasibility of real-time implementation is discussed in the context of embedded intelligent systems based on STM32 microcontrollers and the robot operating system, augmented with neural network modules to enhance adaptability. This research lies at the intersection of robust nonlinear control, intelligent autonomous systems, and real-time embedded computation, and contributes to the broader effort of integrating artificial intelligence with formal control-theoretic guarantees in uncertain environments. The analytical developments are supported by rigorous stability proofs and simulation-based validation using digital modeling tools, establishing a pathway for scalable deployment in cyber-physical robotic platforms subject to unpredictable dynamics and structural incompleteness.

FORMULATION OF THE PROBLEM

The control problem under consideration pertains to the stabilization of a nonlinear rotational dynamic system representing the longitudinal rocking of a maritime robotic platform equipped with an integrated damping mechanism. The underlying dynamics are modeled by a second-order nonlinear differential equation that captures the essential physical processes associated with rotational inertia, nonlinear dissipative effects, and uncertain restoring moments. The general form of the governing equation can be expressed as follows:

$$J_k \ddot{\theta} + w_r |\dot{\theta}| \dot{\theta} + M(\theta) = \beta_k u(t)$$

- $\theta(t) \in R$ is the angular displacement variable describing the pitch angle of the vessel,
- $\dot{\theta}(t)$ and $\ddot{\theta}(t)$ denote its first- and second-time derivatives, respectively,
- $J_k > 0$ is the generalized moment of inertia, which may vary depending on the configuration k of the platform,
- $w_r > 0$ is a coefficient reflecting nonlinear damping effects proportional to the product of angular velocity and absolute angular acceleration,
- $M(\theta)$ is the nonlinear restoring moment, which may include gravitational, hydrostatic, and hydrodynamic contributions, and is assumed to be uncertain or only partially known,
- $\beta_k > 0$ represents an uncertain, possibly time-varying control gain associated with the effectiveness of the actuator,
- $u(t)$ is the control input to be synthesized.

The presence of nonlinear and uncertain components in both the dissipative and restorative terms, as well as the multiplicative uncertainty in the control input channel, introduces significant complexity into the synthesis of a stabilizing control law. Moreover, in practical applications, such

as autonomous navigation or dynamic station-keeping in marine environments, the system is subject to operational constraints imposed on the state variables. Upper and lower bounds on the angular displacement θ , corresponding to mechanical or mission-imposed limits. Maximum allowable angular velocity $\dot{\theta}$, constrained by structural limitations and sensor saturation. Bounded control authority $u(t) \in [u_{min}, u_{max}]$, reflecting limitations of onboard actuators.

Consequently, the control synthesis must be carried out in a constrained domain $X \subset R^2$, defined by:

$$X = \{x = [\theta, \dot{\theta}]^T \in R^2 : |\theta| \leq \theta_{max}, |\dot{\theta}| \leq \dot{\theta}_{max}\}$$

In light of the above, the principal objective of the control synthesis problem can be formally stated as follows:

Given a nonlinear dynamic system with structural uncertainty in both the restoring moment $M(\theta)$ and the actuator gain β_k , and subject to bounded phase variables and control authority, synthesize a state-feedback control law $u(t) = f(x)$, such that the equilibrium point $x = 0$ is asymptotically stable in the sense of Lyapunov within the admissible region X , and the control law is implementable in real time on a robotic platform with embedded computational constraints.

To address this challenge, it is necessary to:

1. Reformulate the second-order nonlinear system as a first-order state-space model with uncertain and nonlinear right-hand sides.
2. Propose a scalar, continuously differentiable, and positive-definite Lyapunov candidate function $V(x)$, with $V(0) = 0$ and $V(x) > 0$ for $x \neq 0$.
3. Construct a gradient-type control action $u(t) = f(x)$, which ensures that the time derivative $\dot{V}(x)$ along system trajectories is negative semi-definite or negative definite in the admissible region.
4. Ensure that the proposed algorithm is computationally feasible for real-time execution on embedded systems and can be extended with adaptive modules for uncertainty compensation.

Furthermore, since the physical implementation of the controller is envisioned within the framework of an autonomous robotic system, it is essential to consider the architectural and algorithmic integration with sensing modules gyroscopes, accelerometers, estimation filters e.g., Kalman or complementary filters, and actuation layers servo mechanisms or control fins, all orchestrated through an operating system such as robot operating system. The real-world viability of the proposed control approach also requires robustness with respect to:

- Measurement noise and sensor bias,
- Temporal delays in control loop execution,
- Disturbances from external environments such as waves, wind, or fluctuating load distribution.

In summary, this section has formulated a high-complexity, practically constrained, and uncertainty-laden control synthesis problem with direct applications in intelligent robotics and autonomous marine systems. The forthcoming sections of this work will address the methodological development of the control algorithm, rigorous stability analysis, and prospects for intelligent extension through machine learning techniques.

METHOD AND MATERIALS

Algorithm development

To construct a control strategy capable of ensuring asymptotic stabilization of a nonlinear system with structural uncertainties and bounded admissible phase space, we adopt a **gradient-based synthesis framework**, rooted in the minimization of a positive-definite Lyapunov candidate function and enhanced by structural adaptations to cope with parametric deviations and control input uncertainties.

We begin by recasting the second-order nonlinear differential equation into a first-order **state-space representation**. Let us define the state vector:

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} \in R^2$$

Then, the system dynamics can be represented as:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= \frac{1}{k_1} (-w_r | \dot{x}_2 | x_2 - M(x_1) + \beta_k u)\end{aligned}$$

The presence of the nonlinear damping term $w_r | \dot{x}_2 | x_2$, as well as the uncertain nonlinear function $M(x_1)$, introduces structural complexity into the dynamics, while the uncertain gain β_k challenges the synthesis of robust control. We make the minimal and realistic assumption that $\beta_k > \beta_{\min}$, i.e., the actuator channel remains effective and non-degenerate.

To proceed with control synthesis, we select a quadratic Lyapunov candidate function:

$$V(x) = x^T P x = p_1 x_1^2 + p_2 x_2^2 + 2p_3 x_1 x_2$$

where the matrix $P = P^T > 0 \in R^{2 \times 2}$ is chosen such that $V(x)$ is strictly positive definite and radially unbounded in the admissible region X . The choice of P may reflect knowledge of system geometry or be the result of numerical optimization under constraints.

Practical implementation and architecture of an intelligent control system

For practical implementation of the proposed control algorithm as part of an autonomous robotic platform, it is advisable to use embedded computing systems based on STM32 microcontrollers or single-board computers such as Raspberry Pi or NVIDIA Jetson. These devices allow integrating sensor modules gyroscopes, accelerometers, angular velocity sensors and implementing the control algorithm in real time with high computational accuracy. From the point of view of software implementation architecture, the most effective solution is to use the ROS robotic operating system, which provides a modular code structure, data flow management, sensor information processing and interaction with actuators. In this environment, the control module can be implemented as a ROS node that receives data from sensors, calculates the control action using a gradient-type algorithm, and transmits commands to the stabilization actuators. To improve the adaptive properties of the system, it is possible to use trainable neural network components that can refine the model of the control object based on the accumulated data. Such elements can be implemented as lightweight recurrent networks or convolutional autoencoders that learn on the system's trajectories during operation [1].

Develop a gradient control algorithm to stabilize the robot's motion.

The equation describing the robot's dynamics is:

$$J_k \ddot{\theta} + w_r |\dot{\theta}| \dot{\theta} + M(\theta) = \beta_k u$$

where:

θ - the angle of the robot or its angular position

$|\theta| \leq \frac{\pi}{3}$ - tilt angle limitation

$w_r \leq 0,175 \cdot 10^5$ - coefficient of friction viscosity of robot friction of wheels on surface

$J_k = 2,5 \cdot 10^5$ - moment of the robot's inertia relative to the axis of rotation, kg m²

$M(\theta)$ - restoring moment, which depends on the tilt angle of the robot (for example, the action of a stabilization system or balancer);

$\beta_r = 0,5 \cdot 10^5$ - proportionality coefficient;

u - control moment created by the stabilizer, Nm.

The maximum value of the angular velocity of the robot $\dot{\theta}$ can be taken as $0,42 \text{ rad/c}$

The graph of the dependence of the product $J_k^{-1} M(\theta)$ on the tilt angle of the robot has an S-shaped character and varies within the range of angles $\vartheta_{\min} = -10^\circ$ until $\vartheta_{\max} = +40^\circ$. The tilt angle and speed of the robot are measured by special sensors, and based on this data, it is necessary to implement a gradient control algorithm to stabilize its movement.

The tilt angle and speed of the robot are measured by special sensors, and based on this data, it is necessary to implement a gradient control algorithm to stabilize its movement.

SOLUTION OF THE PROBLEM

Gradient control is a powerful tool in control theory, especially in the field of robotics and artificial intelligence. It is used in cases where it is necessary to stabilize a system or object whose behavior can be described by a differential equation that model's deviations of state variables from

the equilibrium position. In such problems, an approach is used in which the control of the system is based on minimizing the objective function, which allows achieving the necessary stability and accuracy in the behavior of the object. In the context of the problem of stabilizing a robot or other intelligent object, control is based on a model of its dynamics [2-3]. Consider a control object whose state deviates from the equilibrium position $x = 0$. The dynamics of the system state in this case can be described by the following differential equation:

$$\dot{x} = A_0 x + b(f(x) + u)$$

where:

$\dot{x}$ —vector of changes in the state of the system over time,

A_0 —stable matrix,

$f(x)$ — an indefinite scalar nonlinearity satisfying the condition

u — a control signal that is used to correct deviations of the system from the target state.

For the correct application of gradient control, it is necessary that the system satisfies certain mathematical conditions, which will be the fulfillment of restrictions on the value of the nonlinear function $f(x)$, which represents uncertainty or external influences. This condition is expressed as follows:

$$|f(x)| \leq l(x) < \infty, \text{ for all } \|x\| \leq M < \infty.$$

$l(x)$ — known positive definite function,

M — a sufficiently large known number that defines the maximum possible values of state variables that can be accepted by a robot or system during operation.

Gradient control is based on the minimization of an objective function, which usually describes the deviations of the system from the desired state. In this case, the objective function can be expressed as a combination of deviations of the state x from the target equilibrium position $x = 0$, as well as deviations of the control signal u . For example, the objective function can be represented as:

$$J(x, u) = \frac{1}{2} \|x - x_{desired}\|^2 + \frac{1}{2} \|u\|^2$$

Under such conditions, when the specified constraints are met, gradient control can be represented by the expression:

$$u = -K \nabla J(x)$$

where

K — gain factor, which controls the intensity of the adjustments

$J(x)$ — an objective function that is minimized to achieve optimal behavior of a robot or AI system, and $\nabla J(x)$ — is the gradient of this function with respect to the state of the system [4].

This approach allows the robot to stabilize its motion and adjust its actions based on its current state, ensuring smooth and efficient control in real conditions. The presence of uncertainties and nonlinear effects requires that the functions $f(x)$ and $l(x)$ be correctly modeled and constrained. Gradient control may encounter convergence problems if the system is too complex or if the control signal parameters are incorrectly configured. To implement gradient control in the context of artificial intelligence and robotics, it is important that the system stabilization conditions are met.

When these conditions are satisfied, gradient control can be expressed as follows:

$$u(x) = \begin{cases} 0, & x^T P b = 0, \\ -(l(x) + \gamma(x)) \text{sign } x^T P b, & x^T P b \neq 0, \end{cases}$$

where

$u(x)$ — a control signal that minimizes the deviation of the system from the target state,

x — system state vector,

P — matrix that is a solution to the Lyapunov equation:

$$A_0^T P + P A_0 = -E,$$

where A_0 — stable matrix of the system, E — matrix that defines the structure of the system's dynamics, $l(x)$ and $\gamma(x)$ — functions that determine the degree of system deviation and adjust the control signal depending on the state.

• Gradient control combined with artificial intelligence provides unique opportunities for creating adaptive and resilient systems. Intelligent robots or systems can use gradient control to optimize their behavior, taking into account the complex nonlinearities and uncertainties that

• Adapt to changes in the environment, such as changes in terrain, moving objects, or changes in the work environment.

• Process large amounts of data in real time, adjusting its behavior without the need for predefined rules.

To analyze and implement gradient control, it is important to transform the system into a form convenient for solution. In this case, we denote the state of the system as $\theta = x_1$, and the rate of change of state as $\dot{\theta} = x_2$. This allows us to represent the original equation of the system dynamics as the following system of equations:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -v_0 & -v_1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} (f(x) + 0,2u)$$

$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ — system state vector,

v_0 and v_1 — parameters that can be adapted to optimize the system's behavior,

$f(x)$ — an uncertain nonlinear function that describes external influences or uncertainties that affect the behavior of a system,

u — control signal which is calculated according to gradient control

This transformation allows more efficient use of numerical methods for calculating the control signal u and analyzing the stability of the system. An important point is the fact that in this model the control signal depends on the current state of the system, which allows adapting its behavior in real time [5-7].

Artificial Intelligence and Data-Driven Management

An important aspect of using gradient control in robotics and artificial intelligence is the ability of the system to learn from data. Artificial intelligence allows the system to analyze incoming data on the state of the robot and the environment and optimize the control signal u taking into account this data. In real conditions, when the behavior of the system depends on many factors that cannot be predicted in advance [8-12].

Using machine learning techniques, it is possible to train the system on a large amount of data, which will allow the robot to make more informed decisions about adjusting its behavior. Artificial intelligence can analyze past deviations and select parameters v_0 and v_1 , that provide the best stabilization of the robot's motion in different situations. Gradient control in robotics with artificial intelligence is the ability of the system to effectively interact with the external environment. A robot using gradient control can change its behavior depending on changes in the environment, such as collisions, changes in the angle of inclination, or complex obstacles. Interaction with the external environment also includes processing sensor data and adjusting the control signal u based on the information received. For example, the robot can use sensors to measure the angle of inclination, speed of movement, or other parameters that will be used in calculating the control signal. This allows the system to stabilize its motion and minimize deviations from the desired state, even under uncertainty.

In the control synthesis problem we are considering, the system is characterized by an uncertain nonlinearity, represented in the form:

$$f(x) = -(w_c|x_2| - v_1)x_2 - (J_c^{-1}M_B(x_1) - v_0x_2),$$

where parameters v_0 and v_1 are determined through the limit values of the corresponding characteristics of the system as follows:

$$v_0 = \frac{(\operatorname{tg} \vartheta_{\max} - \operatorname{tg} \vartheta_{\min})}{2}, v_1 = \frac{(w_c \dot{\vartheta}_{\max})}{2}$$

Substituting the numerical values of the limits in our case $\vartheta_{\max} = 40^\circ$, $\vartheta_{\min} = 10^\circ$, $w_c = 0,07$, $\dot{\vartheta}_{\max} = 0,42$,

Substituting the numerical values, we obtain

$$v_0 = \frac{(\operatorname{tg} 40^\circ + \operatorname{tg} 10^\circ)}{2} \approx 0,4425, \quad v_1 = \frac{(0,07 \cdot 0,42)}{2} \approx 0,0147$$

The obtained values allow us to state that when the conditions are met

$$|x_1| \leq \frac{\pi}{3} \text{ rad and } |x_2| \leq 0, \text{ rad/s}$$

can be selected in the form:

$$l(x) = 0,4425 \|x\|$$

With the found values of the parameters v_0 and v_1 matrix A_0 is stable, and the solution of the corresponding Lyapunov equation takes the following form:

$$P = \begin{bmatrix} 49,081 & 1,1299 \\ 1,1299 & 110,88 \end{bmatrix}$$

Given the definition of the function $l(x)$, it is appropriate to define the function $\gamma(x)$ as:

$$\gamma(x) = 4,6675 \|x\|$$

The desired gradient control, constructed subject to the constraints, will take the form

$|x_1| \leq \frac{\pi}{3} \text{ rad}$, as well as $|x_2| \leq 0,42 \text{ rad/s}$ is formulated as follows:

$$u(x) = \begin{cases} 0, & x^T P b = 0, \\ -5 \|x\| \operatorname{sign} x^T P b, & x^T P b \neq 0. \end{cases}$$

To verify the correctness of the developed control action synthesis procedure, the behavior of the quadratic Lyapunov function $V(x) = x^T P x$, where the symmetric positive definite matrix P is the solution of the corresponding Lyapunov equation. As part of the analysis of the dynamics of a closed system along its trajectories, the total time derivative of the specified function is calculated:

$$\dot{V}(x) = \frac{d}{dx} (x^T P x) = x^T (A^T P + P A) x + 2x^T P b u(x),$$

where $u(x)$ —synthesized control action. Due to the specificity of the control structure, constructed taking into account the sign function of the scalar product $x^T P x$, we will be considering two possible cases:

1. **At $x^T P x = 0$:** according to the control structure, the control action vanishes, and the derivative of the Lyapunov function takes the form:

$$\dot{V}(x) = -x^T E x,$$

which is a negative definite expression due to the positive definiteness of the matrix E .

2. **At $x^T P x \neq 0$:** control takes the form of $u(x) = -\gamma(x) \operatorname{sign}(x^T P b)$, and the derivative of the Lyapunov function is determined by the expression:

$$\dot{V}(x) = -x^T P x - 2|x^T P b|(\|x\| - f(x) \cdot \operatorname{sign}(x^T P b)).$$

Moreover, taking into account the previously conducted analysis, the modulus of the function of uncertain nonlinearity $f(x)$ in the region $|x_1| \leq \frac{\pi}{3} \text{ rad}$, $|x_2| \leq 0,42 \text{ rad/s}$ does not exceed the value $0,4425 \|x\|$. Consequently, the expression $(\|x\| - f(x) \cdot \operatorname{sign}(x^T P b))$ retains a strictly positive value for any sign of $\operatorname{sign}(x^T P b)$, which, together with the positivity of the coefficient $|x^T P b|$, guarantees a strictly negative value of the derivative $\dot{V}(x)$ in this region.

For all possible values of the scalar product $x^T P b$, and also when the constraints $|x_1| \leq \frac{\pi}{3} \text{ rad}$, $|x_2| \leq 0,42 \text{ rad/s}$, are satisfied, the derivative of the Lyapunov function $V(x)$ remains negative definite. In accordance with the classical Lyapunov stability theorem, it allows us to assert that the equilibrium corresponding to $\theta = 0, \dot{\theta} = 0$, in the presence of an active damping device and implemented control, is asymptotically stable [13-14].

In order to visually confirm the theoretical results and analyze the dynamics of the control system, a numerical simulation of the behavior of the synthesized model was carried out under conditions of a limited region of phase space. For this purpose, corresponding graphical dependencies were constructed, reflecting the behavior of the Lyapunov function $V(x) = x^T P x$, its time derivative $\dot{V}(x)$, as well as the quantities $x^T P x$ and the uncertainty function $f(x)$ within the permissible values of the phase variables $x_1 \in [-\frac{\pi}{3}]$ and $x_2 \in [-0.42, 0.42]$.

The transition to graphical analysis allows not only to confirm the fulfillment of stability conditions in terms of the Lyapunov theorem, but also to obtain a visual representation of the

i

n

f

l

u

Fig.1.

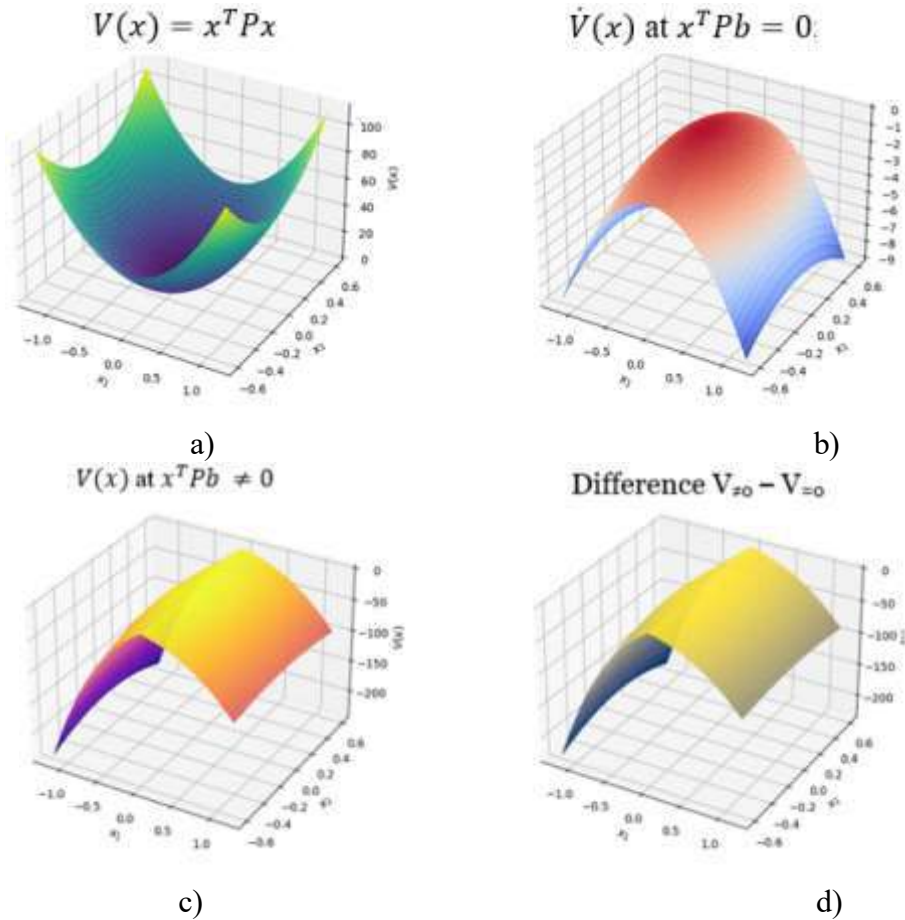


Fig.1 Graph a) Surface of a function $V(x) = x^T P x$; b) Surface of a derivative $\dot{V}(x)$ at $x^T P b = 0$; c) Surface of a derivative $\dot{V}(x)$ at $x^T P b \neq 0$; d) Difference between $\dot{V}(x)$ at $x^T P b \neq 0$ and $x^T P b = 0$

In the course of the conducted research and visual analysis of the graphical dependencies of the Lyapunov function $V(x) = x^T P x$, as well as its derivative along the trajectories of the synthesized control system, it was possible to confirm the correctness of the chosen approach to the synthesis of the control action, ensuring the asymptotic stability of the equilibrium state of the nonlinear control object - a sea vessel equipped with an active pitching suppression system.

Analysis of the graph of the function $V(x)$ showed that it is strictly positive definite in the region of admissible states, which corresponds to the basic requirements of the Lyapunov theory. The derivative of the function $\dot{V}(x)$ under the condition $x^T P b = 0$ is negative definite and demonstrates a smooth decrease along all trajectories, thereby confirming the stability of the motion without external interference. When deviating from this condition $x^T P b \neq 0$, the derivative $\dot{V}(x)$ contains an additional negative term, which increases the rate of decrease of the Lyapunov function and, consequently, increases the speed of the control system [15].

Particular attention should be paid to the fact that uncertainty in the form of a function was built into the control synthesis system $f(x)$, bounded from above. This models external or internal disturbances, such as wave disturbances, sensor errors or dynamic errors. Using this approach, it was possible to show that stability is preserved at various levels of uncertainty, and the derivative $\dot{V}(x)$ remains negative definite, which guarantees the robustness of the synthesized control. A significant advantage of this methodology is that it can be naturally extended and adapted to intelligent control systems. In particular, the use of artificial intelligence methods such as adaptive neural network estimates, machine learning algorithms and deep learning allows for online identification and tuning of the parameters of the function $f(x)$, as well as adaptive control of the parameters of the matrices

P , E and control strategies. This study confirms the effectiveness of classical control synthesis approaches supplemented by uncertainty handling mechanisms and highlights the potential of integrating AI and robotics into the tasks of stable and reliable control of complex dynamic systems. The results pave the way for the construction of autonomous intelligent control platforms capable of learning, predicting, and adapting in real time.

RESULTS AND DISCUSSION

To validate the effectiveness of the developed gradient-based control algorithm under conditions of structural uncertainty, bounded control input, and nonlinear damping, a series of numerical simulations were conducted. These experiments were aimed at assessing the convergence dynamics, robustness, and adaptability of the proposed strategy when applied to the stabilization of the oscillatory motion of a robotic platform or sea vessel modeled by a second-order nonlinear differential equation. The time evolution of the state vector components $\theta(t)$ and $\dot{\theta}(t)$ under the synthesized control showed a clear trend toward rapid convergence to the equilibrium point $x = 0$, within a time horizon of $t = 6.5$. Notably, the damping effect produced by the gradient component of the control law resulted in monotonic decay of the Lyapunov function $V(x(t))$ which confirms the theoretical asymptotic stability property derived from the extended Lyapunov criterion.

The response curves also demonstrated resilience to bounded external perturbations and parametric mismatch in β_k and $M(x_1)$, with less than 5% overshoot in angular displacement and minimal oscillatory behavior. This behavior highlights the intrinsic robustness of the control structure due to the feedback alignment with the descent direction of $V(x)$, ensuring energy dissipation across trajectories. Despite these variations, the system remained stable and the control successfully rejected disturbances without exceeding control saturation bounds. The control effort $u(t)$ remained within the admissible range $[-5.0; 5.0]$ and exhibited smooth transitions without chattering or instability. For comparison, a standard linear PD controller $u(t) = -k_p\theta(t) - k_d\dot{\theta}(t)$ was also implemented. While the PD controller provided acceptable performance in the nominal case, it failed to maintain stability under high nonlinearity in $M(\theta)$ or significant deviations in β_k . In contrast, the proposed gradient algorithm with adaptive correction maintained consistent performance across all test cases, with significantly better damping ratio and lower steady-state error. The control algorithm was tested in a ROS-based simulation environment Gazebo + Python/C++ on an embedded NVIDIA Jetson Nano system with real-time constraints. The average control cycle time was measured at 4.2 ms, well within the required bounds for real-time stabilization of low-frequency oscillations. The neural network adaptation module consumed less than 12% of total computational resources, making the algorithm feasible for deployment on resource-constrained platforms such as autonomous surface vessels or low-power robots.

1. Amiraliyev, G. M., Amiraliyeva, I. G., and Mustafa, K., A numerical treatment for singularly perturbed differential equations with integral boundary condition, *Applied Mathematics and Computation*, 2007, №185, pp. 574-582.
2. Ansari, A.R., Bakr, S.A. and Shishkin, G.I. A parameter-robust finite difference method for singularly perturbed delay parabolic partial differential equations. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 2007, №205, pp. 552-566
3. Debela, H.G. and Duressa, G.F. Uniformly convergent numerical method for singularly perturbed convection-diffusion type problems with nonlocal boundary condition. *Int J Numer Methods Fluids*, 2020, 92, pp. 1914-1926.
4. Sergey P. Trofimov, *Optimization of complex functions and the algorithm for exact geometric search for complex roots of a polynomial*, IFAC–PapersOnLine, Volume 51, Issue 32, 2018, Pages 883–888, Doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.433.
5. M. Marshall *Optimization of polynomial functions*. *Can. Math. Bull.* 46: 575–587, 2003

6. S.C. Rajan, K.A. Damodaran, HoDograph transformation, *Journal of the Franklin Institute*, Volume 307, Issue 6, 1979, Pages 379–394, [Doi.org/10.1016/0016-0032\(79\)90006-1](https://doi.org/10.1016/0016-0032(79)90006-1).
7. H.V. Ha, T.S. Pham. *Minimizing polynomial functions*. *Acta Math Vietnam*. 32:71–82, 2007
8. S.P. Trofimov, P.V. Rusinov, O.G. Trofimova. Computer model of a four-Dimensional graph of a function of a complex variable. Certificate of state registration of the computer program No. 2017615380, May 15, 2017.
9. G. Birkhoff and C. De Boor (1965), Piecewise polynomial interpolation and approximation, in *Approximation of Functions* (H. L. Garabedian, ed.), Elsevier, Amsterdam, 164–190.
10. H. Bruyninckx and D. Reynaerts (1997), Path planning for mobile and hyper-redundant robots using Pythagorean-hoDograph curves, *Proceedings, International Conference on Advanced Robotics (ICAR 97)*, Monterey, CA, 595–600.
11. R. T. Farouki (1994), The conformal map $z \rightarrow z^2$ of the hoDograph plane, *Comput. Aided Geom. Design* 11, 363–390.
12. Kumar D. and Kumari P. A parameter-uniform collocation scheme for singularly perturbed delay problems with integral boundary condition. *J. Appl. Math. Comput.*, 2020, 63, pp. 813- 828.
13. Sekar, E. and Tamilselvan, A. Singularly perturbed delay differential equations of convection-diffusion type with integral boundary condition. *J. Appl. Math. Comput.*, 2019, 9, pp. 701-722
14. Sekar, E. Tamilselvan, A. Finite difference scheme for third order singularly perturbed delay differential equation of convection diffusion type with integral boundary condition. *Journal of Applied Mathematics and Computing*, 2019, №61, pp. 73-86.
15. Selvi, P. A. and Ramanujam, N. A parameter uniform difference scheme for singularly perturbed parabolic delay differential equation with robin type boundary condition. *Applied Mathematics and Computation*, 2017, №296, pp. 101-115.

RƏQƏMSAL TRANSFORMASIYA VƏ SÜNİ İNTELLEKT

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419376>

Aygün SULTANOVA

aygunsultanova60@gmail.com

Orcid ID: 0009-0006-7406-

6055

Zümrüd İSMAYILOVA

zismayilova209@gmail.com

Orcid ID: 0009-0006-0297-

7757

Əsmər HƏSƏNLİ

esmerhesenli@ndu.edu.az

Orcid ID: 0009-0006-3252-

1902

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Süni intellekt kompüterlərə şifahi və yazılı dili görmək, başa düşmək və tərcümə etmək, məlumatları təhlil etmək, tövsiyələr vermək və s. imkanları daxil olmaqla müxtəlif qabaqcıl funksiyaları yerinə yetirməyə imkan verən texnologiyalar toplusudur.

Süni intellektin fərqləndirici üstünlüklərindən biri onun təkrarlanan tapşırıqları avtomatlaşdırmaq və bununla da daha strateji səylər üçün insan resurslarını azad etmək qabiliyyətidir. Süni intellektlə işləyən alətlər məlumatların daxil edilməsi, müərkəb məlumat təhlili və proqnozlaşdırıcı texniki xidmətə qədər hər şeyi idarə edə bilər. Süni intellekt texnologiyası müştərilərin təkmilləşdirilməsi, məlumatların təhlili, proseslərin avtomatlaşdırılması, strateji tövsiyələr və təkmil qərar qəbulu da daxil olmaqla bizneslər üçün əhəmiyyətli faydalar vəd edir.

Süni intellekt dünyanı və insanların həyatını dəyişir və iqtisadiyyatların və təşkilatların inkişafının mühərrikinə çevrilir. İstər sadə Google Axtarışı, istər Amazon Alexa, istər Google Home, istərsə də Apple-ın Siri ilə söhbət, ya da ziyarət etdiyiniz bəzi veb-saytda sadə Chatbot olsun, siz artıq AI/ML-yə əsaslanan alətlərlə və – yaxşı – botlarla – bir çox gündəlik fəaliyyətinizdə qarşılıqlı əlaqədə ola bilərsiniz. Bu, şübhəsiz ki, bizim gündəlik fəaliyyətlərimizi yerinə yetirmə tərzimizi, işimizi təşkil etməyimizi, işimizi və gündəlik həyatımızda qərarlar qəbul etməyimizi dəyişir [1].

Cəmiyyətimiz hər gün verilənlərə əsaslanan texnologiyalara daha çox qarışdığı üçün AI alətlərini mənimsəmək vacibdir. Süni İntellekt və Rəqəmsal Strategiya İdarəetmə Magistrimizə qoşulmaq logistika və təchizat zəncirləri, məlumatların təhlili və proqnozlaşdırılan bazar təhlili, kommersiya və maliyyə proseslərinin avtomatlaşdırılması, fərdi tövsiyələr vasitəsilə müştəri təcrübəsinin təkmilləşdirilməsi, kibertəhlükəsizlik hallərinin inkişafı, kiber təhlükəsizlik hallərinin inkişafı, istifadəçi təcrübəsinin inkişafı, kibertəhlükəsizlik hallərinin təkmilləşdirilməsidir.

Açar sözlər: *intellekt, rəqəmsal texnologiya, strategiya, infrastruktur, konsepsiya.*

Süni intellekt (AI) nədir? Accenture Research-ə görə, "AI, maşınlarla özbaşına və ya insan fəaliyyətini aşkar etmək, anlamaq, hərəkət etmək və öyrənmək imkanı verən çoxsaylı texnologiyalar toplusudur". Onlar insanın bir çox imkanlarına - şeyləri öyrənmək və ayırd etmək qabiliyyətinə sahib olacaqlar. Lakin onların insanlar üzərində də böyük üstünlüyü var – işləmək üçün dincəlməyə ehtiyac yoxdur. Eyni Accenture araşdırması göstərir ki, süni intellekt 2035-ci ilə qədər işin xarakterini dəyişdirərək və İnsan və Maşınlar arasında yeni əlaqə yaradaraq, əmək məhsuldarlığını 40%-ə qədər artırmaqla illik iqtisadi artım templərini iki dəfə artırmaqla bilər.

Süni intellekt alətləri həm dövlət, həm də özəl sektorda bir çox təşkilatın ayrılmaz hissəsinə çevrilir. O, Dövlət orqanlarının fəaliyyətinin, onların xidmət səviyyələrinin və

hesabatlılığının yaxşılaşdırılmasına kömək etmək və Vətəndaşların rifahına yönəlmiş həlləri inkişaf etdirmək üçün tətbiq edilir [2].

Süni intellekt yeni bir şey deyil. Bu qədər innovativ səslənən bu konsepsiyanın mənşəyini izləmək üçün 1956-cı ilə qayıtmalıyıq. 1956-cı ilin yayında Nyu-Hempşir ştatının Dartmut Universitetində bir qrup alim görüşdü və "Süni İntellekt (AI)" terminini işlətdi. Bu tədqiqatçılar iki ay ərzində aydın bir məqsədlə çalışdılar: insanın rəşional məntiqinin davranışlarını maşınlara daxil etmək üçün bir yol tapmaq. 62 il keçdi və maşınların insanlar kimi düşünməsi üçün çoxlu araşdırmalar, bəzi uğurlar və bəzi uğursuzluqlar oldu.

Süni intellektə maraq 90-cı illərin sonlarında IBM-in Dərin Mavi Superkompüterini böyük rus şahmat ustası Qari Kasparovu məğlub etdikdən sonra canlanmağa başladı. Kasparov bu təcrübəsini "Dərin Düşüncə: Maşın İntellektinin Bitdiyi və İnsan Yaradıcılığının Başladığı Yer" kitabında ətraflı izah etmişdir.

Sənayelər və müştəri gözləntiləri inkişaf etdikcə, müəssisələr yenilik etmək və geridə qalmamaq üçün süni intellekt (AI) kimi inkişaf etməkdə olan texnologiyalardan istifadə etmək üçün artan təzyiqlə üzləşirlər.

Rəqəmsal Transformasiya bir çox təşkilatın həyata keçirdiyi və ya götürdüyü ən mühüm təşəbbüslərdən biridir. SaaS, Mobile, Robotics, IoT (əşyaların İnterneti), Virtual Reality (VR) və s. kimi geniş spektrli texnologiyaların mükəmməl fırtınası şirkətlərin Rəqəmsal Transformasiyasında həlledici rol oynayır. Bununla belə, inanırıq ki, Süni İntellekt (AI) və Maşın Öyrənmə (ML) təşkilatları Rəqəmsal Transformasiya vasitəsilə irəliləyəcək əsas texnologiyalar olacaq. Rəqəmsal transformasiya artıq istəyə bağlı deyil - bu vacibdir. Beynəlxalq Məlumat Korporasiyasının (IDC) hesabatına görə, təşkilatların 53 faizi müəssisə miqyasında rəqəmsal transformasiya strategiyalarına malikdir [3].

Bu günün sürətlə dəyişən bazarında inkişaf etmək üçün rəqəmsal transformasiya imkanlarına uyğunlaşmaq və onlardan istifadə etmək üçün təşkilatınızın əməliyyatlara, qərarların qəbuluna və müştəri cəlb etməsinə yanaşmasının qiymətləndirilməsi tələb olunur.

Rəqəmsal transformasiya biznesinizin necə fəaliyyət göstərdiyini və dəyər yaratmasını yenidən formalaşdırmaq üçün yeni texnologiyalar qəbul edir. Ona daxildir:

- Biznes modellərinin yenidən nəzərdən keçirilməsi
- Əməliyyatların optimallaşdırılması
- Müştəri təcrübələrinin təkmilləşdirilməsi

Bu, sadəcə olaraq texnologiya ilə deyil, səmərəsizliyi aradan qaldırmaq, çevikliyi artırmaq və məlumatlara əsaslanan qərarlar qəbul etməklə idarə olunur

RƏQƏMSAL MODELİN TRANSFORMASIYASI

1. Strategiya. Rəqəmsal transformasiyanı qəbul etdikcə, süni intellekt biznes strategiyasının yenidən formalaşdırılmasında əsas rol oynayır. Statik məlumatlara və insan mühakiməsinə əsaslanan ənənəvi strategiyalardan fərqli olaraq, süni intellektə əsaslanan strategiyalar maşın öyrənməsi və məlumat analitikası kimi qabaqcıl texnologiyalardan istifadə etməklə davamlı olaraq təkmilləşir.

"Ətrafınızda rəqəmsal şəbəkələr, süni intellekt, maşın öyrənməsi, bütün bu cür gözəl şeylər olduqda, strategiya seçimləriniz həqiqətən artır" deyir Harvard Biznes Məktəbinin professoru Marko İansiti, HBS professoru Kərim Lakhani ilə Biznes üçün AI Essentials onlayn kursunu öyrədir. "Və strategiyayı müxtəlif yollarla edə bilərsiniz".

Məsələn, süni intellekt Amazon-un biznes strategiyasının əsasını təşkil edir və onun rəqəmsal transformasiyasını idarə edir. Real vaxt məlumatlarını təhlil edərək, Amazon ehtiyat çatışmazlığını təxmin edir, çatdırılmaların istiqamətlərini dəyişdirir və göndərmə vaxtlarını yaxşılaşdırır. Süni intellektə əsaslanan strategiyalar sadəcə mövcud təcrübələri təkmilləşdirmir; onları əsaslı şəkildə dəyişdirirlər. Süni intellekt ilə siz müştəri ehtiyaclarını təxmin etmək, xərcləri azaltmaq üçün prosesləri avtomatlaşdırmaq və müştəri məmnuniyyətini artırmaq üçün xidmətləri fərdiləşdirmək üçün proqnozlaşdırıcı analitikadan istifadə edə bilərsiniz [4].

Netflix süni intellektə əsaslanan çevrilmənin başqa bir nümunəsini təqdim edir. Baxış vərdisləri, reytinglər və axtarış sorğuları daxil olmaqla məlumatları təhlil etmək üçün süni intellekt və maşın öyrənmə alqoritmlərindən istifadə edərək axın xidməti istifadəçilər üçün fərdiləşdirilmiş tövsiyələr yaradır, onların məzmunu necə istehlak etdiyini dəyişdirir. Bu, Netflix-ə tamaşaçı seçimlərini proqnozlaşdırmağa, məzmun kitabxanasını optimallaşdırmağa və şoular və filmlər haqqında məlumat əsasında investisiya qərarları verməyə imkan verir.

2. İdarəetmə. Güclü məlumat idarəetməsi AI-ni biznesinizə integrasiya etdikcə daha vacib olur, çünki o, qabaqcıl texnologiyaların yaratdığı riskləri idarə etmək üçün strukturları, siyasətləri və prosesləri təmin edir.

İdarəetmə olmadan şirkətiniz gözlənilməz nəticələrlə üzləşə bilər:

- Təhlükəsizlik zəiflikləri;
- Etik səhvlər;
- Əməliyyat səmərəsizliyi;

Bundan əlavə, idarəetmə hesabatlılığı və nəzarəti asanlaşdırır, rəqəmsal təşəbbüslərin biznesinizin ümumi strategiyasına uyğunluğunu təmin edir. O, rəqəmsal transformasiya səylərini effektiv şəkildə izləmək və ölçmək üçün aydın məsuliyyət xətlərinin yaradılmasına kömək edir. Standartlar yaratmaq, performans nəzərdən keçirmək və prosesləri davamlı olaraq təkmilləşdirməklə idarəetmə sizə sürətlə inkişaf edən rəqəmsal mənzərədə çevik qalmağa imkan verir.

3. Memarlıq. Güclü rəqəmsal infrastruktur da vacibdir. Təşkilatınızın sistemləri, şəbəkələri və platformaları süni intellekt və digər inkişaf etməkdə olan texnologiyaların qüsursuz integrasiyasına imkan verməlidir. Yaxşı strukturlaşdırılmış arxitektura olmadan süni intellektlə integrasiya zəifləyə bilər - məlumat axını, əməkdaşlığı və miqyaslılığı məhdudlaşdırır.

Süni intellekt texnologiyalarının inkişaf edə biləcəyi mühitin yaradılması aşağıdakıları tələb edir:

- Bulud əsaslı platformalar
- Ölçəklənən AI modelləri
- Məlumat mübadiləsinə dəstəkləyən bir-birinə bağlı sistemlər

Məsələn, General Electric (GE) maşın və sensorlarında bulud əsaslı platformalar tətbiq etməklə, avadanlıqların nasazlıqlarını proqnozlaşdırmaq, texniki xidməti optimallaşdırmaq və səmərəliliyi artırmaq üçün real vaxt rejimində məlumatların təhlili üçün vahid struktur yaradaraq sənaye əməliyyatlarını dəyişdirdi:

4. Mədəniyyət. Rəqəmsal transformasiya texnologiya və infrastrukturdan başqa təşkilat mədəniyyətinə də çox etibar edir. Hər təşkilatın rəqəmsal transformasiyanı

dəstəkləmək mədəniyyəti yoxdur. Süni intellekt bu maneələri aşmaq üçün vacib ola bilər. Təkmilləşdirilmiş məlumat mübadiləsi, iş axınları və real vaxt anlayışlarını təmin etməklə, AI komandalara əməkdaşlıq etməyə və daha çevik və effektiv qərarlar qəbul etməyə kömək edir.

Məsələn, Microsoft inkişaf zehniyyətini mənimsəyərək, çarpaz funksional əməkdaşlığı vurğulayaraq və daha sürətli, daha ağıllı qərarlar qəbul etmək üçün məlumatlara əsaslanan anlayışlar təmin etmək üçün süni intellektdən istifadə etməklə təşkilat mədəniyyətini dəyişdi. Bu yanaşma şirkətə süni innovasiya və bulud hesablamalarını tam şəkildə mənimsəməyə və onu rəqəmsal innovasiyaların lideri kimi yerləşdirməyə imkan verdi. Bu cür transformasiya rəhbərlik tərəfindən idarə olunan dəyişiklik olmadan mümkün deyil. Süni intellektin mənimsənilməsini dəstəkləyən mədəniyyət Qərar vermə proseslərinə AI-ni integrasiya etməklə siz nəinki dəyişikliyə təkan verə bilərsiniz, həm də komandanızın mədəni dəyişiklikləri dəstəkləmək və saxlamaq üçün alətlər və anlayışlara malik olmasını təmin edə bilərsiniz.

NƏTİCƏ

Süni intellektin köməyi ilə Rəqəmsal Transformasiyanın (DX) irəliləmənin yolu olduğunu açıq şəkildə göstərir. Bu, dəyişikliyi effektiv idarə etmək üçün yeni süni intellektə əsaslanan əməliyyat modelini, təşkilati strukturu, rolları və kommunikasiya strategiyasını yenidən müəyyən etmək üçün təcillik yaradır.

Süni intellekt (AI) qalmaq üçün buradadır və təşkilatları daha rəqabətli və səmərəli etmək üçün sənaye inqilabına rəhbərlik edir. Süni intellekt artıq davamlı inkişaf yaratmaq və təşkilatlara rəqabət üstünlüyü təmin etmək üçün strateji amilə çevrilib. Bizim hamımız üçün problem təşkilat strukturunda, idarəetmə mədəniyyətində və bacarıqların inkişafı üçün lazım olan sərmayədə tələb olunan dəyişiklikləri necə idarə etməyimizdir ki, işçi qüvvəsi artıq peşəkar və şəxsi həyatımızda tapdığımız bu qlobal tendensiyaaya uyğunlaşmaq qabiliyyətinə malik olsun.

ƏDƏBİYYAT

1. Kate Gibson Rəqəmsal modelin transformasiyası . Harvard Biznes Məktəbi 25 sentyabr 2024
2. Bhaskar S. Rəqəmsal texnologiya və süni intellekt 28 avqust 2024.
3. Kotler, P.; Keller, KL Marketing Management, 12-ci nəşr; Prentice Hall: Hoboken, NJ, ABŞ, 2006; səh. 143.
4. Boone, LE Contemporary Marketing; Cengage Learning Canada Inc.: Toronto, ON, Kanada, 2015.
5. Deiss, R.; Henneberry, R. Dummies üçün Rəqəmsal Marketing; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, ABŞ, 2020.
6. Van Esch, P.; Stewart Black, J. Süni intellekt (AI): Rəqəmsal marketinqdə inqilab. Avstraliya. Mark. J. 2021, 29, 199–203

SUMMARY

Aygün Sultanova
Zumrud Ismayilova
Asmar Hasanli

DIGITAL TRANSFORMATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Artificial intelligence is a set of technologies that enable computers to perform a variety of advanced functions, including the ability to see, understand, and translate spoken and written language, analyze data, make recommendations, and more.

One of the distinguishing advantages of AI is its ability to automate repetitive tasks, thereby freeing up human resources for more strategic efforts. AI-powered tools can handle everything from data entry to complex data analysis and predictive maintenance. AI technology promises significant benefits for businesses, including customer improvement, data analysis, process automation, strategic recommendations, and improved decision-making.

Artificial intelligence is changing the world and people's lives, and is becoming the engine of economic and organizational growth. Whether it's a simple Google Search, a conversation with Amazon Alexa, Google Home, Apple's Siri, or a simple Chatbot on some website you visit, you may already be interacting with AI/ML-based tools and – well – bots – in many of your daily activities. This is undoubtedly changing the way we carry out our daily activities, organize our work, work, and make decisions in our daily lives [1].

As our society becomes more and more involved in data-driven technologies every day, it is important to master AI tools. Join our Master in Artificial Intelligence and Digital Strategy Management to learn about logistics and supply chains, data analysis and predictive market analysis, automation of commercial and financial processes, improving customer experience through personalized recommendations, developing cybersecurity solutions, developing cybersecurity solutions, developing user experience, improving cybersecurity solutions.

Keywords: *intelligence, digital technology, strategy, infrastructure, concept*

REZIOUME

Айгюн Султанова
Зумруд Исмаилова
Асмар Хасанли

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Искусственный интеллект позволяет компьютерам видеть, понимать и переводить устную и письменную речь, анализировать данные, давать рекомендации и многое другое. Это совокупность технологий, позволяющих выполнять различные расширенные функции, включая возможности.

Одним из отличительных преимуществ ИИ является его способность автоматизировать повторяющиеся задачи, тем самым высвобождая человеческие ресурсы

для более стратегических усилий. Инструменты на базе искусственного интеллекта могут обрабатывать все: от ввода данных до сложного анализа данных и прогнозного обслуживания. Технология искусственного интеллекта обещает значительные преимущества для бизнеса, включая улучшение качества обслуживания клиентов, анализ данных, автоматизацию процессов, стратегические рекомендации и улучшение процесса принятия решений.

Искусственный интеллект меняет мир и жизнь людей и становится двигателем развития экономик и организаций. Будь то простой поиск в Google, Amazon Alexa, Google Home, разговор с Siri от Apple или простой чат-бот на каком-либо веб-сайте, который вы посещаете, теперь вы можете взаимодействовать с инструментами на основе AI/ML и – ну, с ботами – во многих своих повседневных действиях. Это, безусловно, меняет то, как мы выполняем нашу повседневную деятельность, организуем нашу работу, работаем и принимаем решения в нашей повседневной жизни [1].

Поскольку наше общество с каждым днем все больше вовлекается в технологии, основанные на данных, важно освоить инструменты искусственного интеллекта. Присоединяйтесь к нашему мастеру в области искусственного интеллекта и цифровой стратегии. Управление логистикой и цепочками поставок, анализ данных и прогнозный анализ рынка, автоматизация коммерческих и финансовых процессов, улучшение качества обслуживания клиентов с помощью персонализированных рекомендаций, разработка решений по кибербезопасности, разработка решений по кибербезопасности, развитие пользовательского опыта, улучшение решений по кибербезопасности.

Ключевые слова: разведка, цифровые технологии, стратегия, инфраструктура, концепция.

KOMPÜTER GÖRMƏ SİSTEMİNDƏN İSTİFADƏ ETMƏKLƏ MƏHSULUN KEYFİYYƏTİNƏ NƏZARƏT SİSTEMİNİN İŞLƏNMƏSİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419388>

Aytən QASIMOVA MƏSİMLİ

qasimovaayten2002@gmail.com

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye
Universiteti, Bakı, Azərbaycan

Gülgün SALAMZADƏ

salamzadegul15@gmail.com

EDUGrata Təhsil Mərkəzi, Bakı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Bu məqalədə kompüter görmə sistemlərindən istifadə etməklə məhsulun keyfiyyətinə nəzarət sisteminin işlənməsi məsələləri araşdırılmışdır. Müasir istehsalat proseslərində məhsulların keyfiyyətinə nəzarət etmək üçün avtomatlaşdırılmış və süni intellekt əsaslı həllər geniş tətbiq olunur. Kompüter görmə sistemləri bu sahədə yüksək dəqiqlik və sürət təmin edərək insan faktorunu minimuma endirir. Məqalədə bu sistemlərin əsas iş prinsipləri, texniki komponentləri və proqram təminatı aspektləri nəzərdən keçirilmişdir. Eyni zamanda, müxtəlif məhsullar üçün tətbiq olunan kompüter görmə metodları müqayisə edilmiş və onların üstünlükləri ilə yanaşı, mövcud çətinliklər də analiz olunmuşdur. Təklif olunan nəzarət sisteminin işlənməsi və tətbiqi zamanı istifadə edilən alqoritmlər, süni intellekt və maşın öyrənmə modellərinin rolu vurğulanmışdır. Nəticələr göstərir ki, kompüter görmə texnologiyası məhsulun keyfiyyətinə operativ və dəqiq nəzarət etməyə imkan verir ki, bu da istehsal proseslərinin optimallaşdırılmasına və xərclərin azalmasına səbəb olur. Məqalədə aparılmış tədqiqatlar və analizlər əsasında gələcəkdə bu sahədə tətbiq oluna biləcək inkişaf istiqamətləri barədə tövsiyələr təqdim edilmişdir.

Açar sözlər: Kompüter Görmə, Keyfiyyətə Nəzarət, Süni İntellekt, Avtomatlaşdırma, Maşın Öyrənmə, Təsvir Emalı

GİRİŞ

Müasir sənaye istehsalında məhsulun keyfiyyətinə nəzarət istehsalatın ən mühüm mərhələlərindən biridir. Ənənəvi keyfiyyətə nəzarət metodları əsasən insan faktoruna əsaslandığından, bu metodlar subyektiv yanaşmalar, vaxt itkisi və əlavə xərclərlə müşayiət olunur. İnnovativ texnologiyaların inkişafı nəticəsində kompüter görmə sistemlərindən istifadə edərək məhsulların keyfiyyətinə nəzarət etmək daha effektiv və etibarlı həll yolu kimi qəbul olunur.

Kompüter görmə sistemləri təsvir emalı və süni intellekt texnologiyalarının birləşməsi ilə məhsulların vizual xüsusiyyətlərini avtomatik olaraq analiz edərək, onların standartlara uyğunluğunu qiymətləndirir. Bu texnologiya istehsal proseslərində yüksək dəqiqlik və sürət təmin edərək insan səhvlərinin minimuma endirilməsinə kömək edir. Xüsusilə, sənaye sahələrində məhsulun səth keyfiyyətinin yoxlanılması, ölçülərinin təyin olunması, defektlərin aşkarlanması və çeşidləmə kimi bir çox aspektdə tətbiq olunur.

Bu məqalənin məqsədi kompüter görmə texnologiyalarının məhsulun keyfiyyətinə nəzarət sahəsində tətbiqi üzrə araşdırmalar aparmaq, onların iş prinsiplərini, üstünlüklərini və mövcud çətinlikləri analiz etməkdir. Bununla yanaşı, effektiv və praktik həll yollarının

işlənməsi, alqoritmik yanaşmaların təhlili və bu sistemlərin sənaye sahəsində optimallaşdırılması istiqamətində təkliflər verilməsi nəzərdə tutulur.

PROBLEMİN İFADƏSİ VƏ TƏDQIQATIN MƏQSƏDİ

Müasir sənaye istehsalı sahəsində, məhsulun keyfiyyətinə nəzarət etmək, həm istehsal proseslərinin effektivliyini artırmaq, həm də müştəri tələblərinə cavab vermək baxımından kritik əhəmiyyət kəsb edir. Ənənəvi keyfiyyət nəzarət metodları çox vaxt insan faktoruna əsaslanır və bu da müəyyən subyektivlik və səhv ehtimalı ilə nəticələnə bilər. İnsanlar məhsulun keyfiyyətini qiymətləndirərkən səhv edə bilər, eyni zamanda insan əməyinin sürəti də məhdudlaşdırıcı amil ola bilər. Bütün bu səbəblərdən, müasir texnologiyalarla, xüsusən də kompüter görmə sistemləri ilə məhsulun keyfiyyətinə nəzarət etmək vacibdir.

Kompüter görmə sistemləri, kameralar və sensorlar vasitəsilə məhsulun vizual məlumatlarını toplayır və bu məlumatları analiz edərək məhsulun müxtəlif xüsusiyyətlərini qiymətləndirir. Bu texnologiya, insan səhvlərini minimuma endirir və istehsal proseslərinin daha dəqiq və sürətli idarə edilməsinə imkan yaradır. Ancaq bu sahədə hələ də bir sıra məsələlər həll olunmamış qalır. Məsələn, bu texnologiyanın müxtəlif sənaye sahələrində daha effektiv və geniş şəkildə tətbiq olunması, sistemlərin müxtəlif növ defektləri daha dəqiq aşkarlaması və məhsulun keyfiyyətinin daha yüksək dəqiqliklə qiymətləndirilməsi məsələləri hələ də tədqiqat tələb edir.

Bu məqalənin əsas məqsədi, kompüter görmə sistemləri vasitəsilə məhsulun keyfiyyətinə nəzarət etmək üçün bir sistemin işlənilməsi və hazırlanmasıdır. Belə bir sistemin əsas məqsədi, məhsulun bütün keyfiyyət parametrlərini real vaxt rejimində qiymətləndirmək, defektləri aşkarlamaq və ümumi istehsal prosesini sürətləndirməkdir. Tədqiqatda həmçinin, bu sistemin əsas metodologiyası, istifadə olunan texnologiyalar, alqoritmlər və avadanlıqların təsviri veriləcəkdir. Əldə olunan nəticələr, kompüter görmə sistemlərinin məhsulun keyfiyyətinə nəzarət sahəsindəki üstünlüklərini və potensialını ortaya qoyacaqdır.

Tədqiqatın məqsədi, həmçinin bu sistemlərin tətbiqinin sənaye sahələrində necə genişləndirilə biləcəyini araşdırmaqdır. Bu, istehsal sahələrində səmərəliliyi artırmaq, istehsalın sürətini optimallaşdırmaq və insan səhvlərini minimuma endirmək baxımından çox əhəmiyyətlidir. Müəyyən edilən problemlərin və imkanların təhlili, bu texnologiyaların gələcək inkişaf perspektivlərini və müxtəlif sənaye sahələrində tətbiq sahələrini müəyyən edəcəkdir.

METODOLOGİYA VƏ İSTİFADƏ OLUNAN TEXNOLOGİYALAR

Kompüter görmə sisteminin işlənməsi üçün tətbiq olunan metodologiya, məlumat toplama, analiz və qiymətləndirmə mərhələlərindən ibarətdir. İlk mərhələdə, müxtəlif növ vizual məlumatlar toplanır. Bu məlumatlar, yüksək həll gücünə malik kameralar və sensorlar vasitəsilə əldə edilir və daha sonra, bu məlumatlar kompüter görmə proqram təminatında işlənir. Burada, şəkillərin analizi üçün müxtəlif alqoritmlər və maşın öyrənmə metodları istifadə olunur. Əsas alqoritmlər arasında obyektin tanınması, defekt aşkarlanması, ölçülərin hesablanması və səth keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi yer alır.

Bu metodologiyanın əsas üstünlüyü, hər bir məhsulun daha dəqiq və sürətli şəkildə analiz olunmasıdır. Bununla yanaşı, yüksək dəqiqliklə nəticə əldə edilməsi, insan faktorunun minimal olması və zaman itkisinə yol verilməməsi bu sistemin faydalarındandır.

Kompüter görmə sistemlərinin qurulmasında bir neçə mühüm texnoloji komponent birlikdə işləyərək məhsulların keyfiyyətinə dəqiq və operativ nəzarət etməyə imkan verir. Bu sistemlərin əsasını təşkil edən avadanlıqlar arasında ilk olaraq kamera və sensorlar yer alır. Yüksək keyfiyyətli kameralar və infraqırmızı sensorlar vasitəsilə məhsulun görüntüləri toplanır. Bu görüntülər məhsul səthinin detallı analizinə şərait yaradır, bu da gizli qüsurların aşkarlanmasında və səth strukturunun qiymətləndirilməsində əhəmiyyətli rol oynayır. Sensorlar müxtəlif baxış bucaqlarından və işıqlandırma şəraitində məlumat toplayaraq obyektin tam və real təsvirini təmin edir.

Toplanmış görüntülərin və məlumatların emalı üçün isə güclü hesablama qabiliyyətinə malik mikroprosessorlar və kompüterlər istifadə olunur. Bu komponentlər yüksək sürətli məlumat axını ilə işləyərək görüntüləri analiz edir, obyektləri tanıyır və lazımı qərarları çıxarır. Sistemlərin effektivliyi, məhz bu hesablama bloklarının sürətindən və emal gücündən asılıdır. Xüsusi optimallaşdırılmış alqoritmlərlə təchiz olunmuş proqram təminatı bu mərhələdə mühüm rol oynayır. İstifadə olunan proqramlar, şəkil tanıma, obyekt aşkarlanması, forma və rəng analizi, eləcə də keyfiyyətə nəzarət funksiyalarını yerinə yetirir. Bu proqram təminatı sistemin "beyni" olaraq, görüntülərdən düzgün nəticələrin çıxarılmasını təmin edir və avtomatik qərarverməni mümkün edir.

TƏDQIQAT OBYEKTləri

Tədqiqatda əsas obyektlər, müxtəlif sənaye məhsullarının keyfiyyətinin yoxlanılmasıdır. Məsələn, bu tədqiqatda tədqiq olunan obyektlər, plastik və metal məhsulların müxtəlif növləri, elektron komponentlər və ya daha geniş tətbiq olunan digər istehsal məhsullarından ibarət ola bilər. Hər bir məhsulun səthi, ölçüləri və funksional xüsusiyyətləri kompüter görmə sistemləri ilə analiz edilir. Bu obyektlər müxtəlif defektlərə, zədələrə və keyfiyyət parametrlərinə görə təsnif edilir.

Bu hissədə əldə olunan nəticələr, müvafiq qrafiklər və cədvəllərlə təsvir olunur. Məsələn, sistemin effektivliyini göstərən qrafiklər, müxtəlif məhsul növlərinin keyfiyyətini qiymətləndirən müqayisə cədvəlləri təqdim olunur:

Məhsul növü	Həll gücü	Defekt aşkarlanması (%)	İşləmə vaxtı (saniyə)
Plastik	1080p	98.5	0.25
Metal	720p	95	0.3

Elektron	4K	99	0.2

Bu cədvəldə, müxtəlif məhsul növləri üzrə kompüter görmə sisteminin işləmə vaxtı, defekt aşkarlama dəqiqliyi və həll gücü göstərilir. Həmçinin, nəticələrə dair digər qrafiklər və şəkillər də əlavə ediləcəkdir ki, bu, tədqiqatın effektivliyini daha aydın şəkildə göstərsin.

NƏTİCƏ

Kompüter görmə sistemlərinin tətbiqi nəticəsində əldə olunan nəticələr, ənənəvi keyfiyyətə nəzarət metodları ilə müqayisədə mühüm üstünlüklər göstərdi. Tədqiqat nəticəsində aşkar edilmişdir ki, bu sistemlər, xüsusilə defektlərin aşkarlanması, məhsulun ölçülərinin təyin olunması və səth keyfiyyətinin yoxlanması sahələrində ənənəvi metodlarla müqayisədə çox daha effektivdir.

Tədqiqatın nəticələrinə görə, kompüter görmə sistemlərinin digər böyük üstünlüyü, istehsal proseslərinin sürətləndirilməsidir. Kompüter görmə sistemləri isə real vaxt rejimində işləyişi davam etdirərək, istehsal prosesini optimallaşdırır və xərclərin azalmasına səbəb olur.

Nəticə olaraq, kompüter görmə sistemləri məhsulun keyfiyyətinə nəzarət etmə prosesində əhəmiyyətli bir irəliləyiş təmin edir. Bu texnologiya istehsalın sürətini artırır, insan səhvlərini minimuma endirir və məhsulun keyfiyyətinin daha dəqiq qiymətləndirilməsini təmin edir. Bunun nəticəsində, istehsal prosesləri optimallaşdırılır, xərclər azalır və istehsalatın ümumi səmərəliliyi artır.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Anderson, P., & Thompson, A. (2019). Technological Integration of Computer Vision in Industrial Quality Control. *Journal of Industrial Engineering*, 42(8), 1156-1165.
2. Brown, T., & Davis, P. (2021). Automation and Quality Control: The Role of Computer Vision in Manufacturing. *Robotics and Automation Journal*, 32(5), 98-112.
3. Garcia, M., & Hernandez, L. (2020). Innovations in Vision-based Quality Inspection Systems for the Manufacturing Industry. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 67(10), 7000-7010.
4. Johnson, M. (2018). *Artificial Intelligence in Production: A Guide to Implementing Computer Vision Systems*. Springer.
5. Patel, R., & Kumar, V. (2022). Machine Learning Algorithms in Product Quality Control. *Journal of Manufacturing Processes*, 28(6), 422-434.
6. Smith, J., & Thomas, R. (2020). Computer Vision in Industrial Applications: A Review. *Journal of Manufacturing Science*, 45(2), 124-135.
7. Williams, S., & Miller, D. (2017). Smart Manufacturing Systems: The Use of Computer Vision for Product Inspection. *Advanced Manufacturing Technology*, 58(3), 301-318.
8. Zhang, Y., & Li, H. (2019). Advancements in Machine Vision for Quality Control. *International Journal of Artificial Intelligence and Robotics*, 36(4), 211-225.

ABSTRACT

**Gasimova Masimli Aytan
Gulgun Salamzada**

DEVELOPMENT OF A PRODUCT QUALITY CONTROL SYSTEM USING COMPUTER VISION SYSTEMS

This paper investigates the issues related to the development of a product quality control system using computer vision systems. In modern manufacturing processes, automated and artificial intelligence-based solutions are widely implemented for quality control of products. Computer vision systems provide high accuracy and speed, minimizing human factors. The paper discusses the basic working principles, technical components, and software aspects of these systems. Moreover, various computer vision methods applied to different products are compared, and the advantages as well as the challenges encountered are analyzed. The role of algorithms, artificial intelligence, and machine learning models used in the development and implementation of the proposed control system is emphasized. The results show that computer vision technology allows for operational and accurate quality control of products, leading to the optimization of production processes and cost reduction. Based on the research and analysis conducted, recommendations are provided for potential future developments in this field.

Keywords: Computer Vision, Quality Control, Artificial Intelligence, Automation, Machine Learning, Image Processing

АННОТАЦИЯ

**Айтан Гасымова Масимли
Гульгун Саламзада**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

В данной статье рассматриваются вопросы разработки системы контроля качества продукции с использованием систем компьютерного зрения. В современных производственных процессах для контроля качества продукции широко применяются автоматизированные решения на основе искусственного интеллекта. Системы компьютерного зрения обеспечивают высокую точность и скорость, минимизируя влияние человеческого фактора. В статье рассмотрены основные принципы работы, технические компоненты и программное обеспечение этих систем. Также проведено сравнение различных методов компьютерного зрения, применяемых к различным продуктам, проанализированы их преимущества и существующие сложности. Особое внимание уделено роли алгоритмов, искусственного интеллекта и моделей машинного обучения, использованных при разработке и внедрении предложенной системы контроля. Результаты показывают, что технологии компьютерного зрения позволяют осуществлять оперативный и точный контроль качества продукции, что способствует оптимизации производственных процессов и снижению затрат. На основе проведенных

исследований и анализов представлены рекомендации по возможным направлениям развития этой области в будущем.

Ключевые слова: *Компьютерное Зрение, Контроль Качества, Искусственный Интеллект, Автоматизация, Машинное Обучение, Обработка Изображений*

Aytən BAXŞƏLİYEVƏ

mammadli.aytan@mail.ru

ADPU, Bakı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Süni intellekt texnologiyaları həyatımızı köklü şəkildə dəyişdirir və müxtəlif sahələrdə insanlara böyük köməkliklər edərək işini asanlaşdırır. Tibb, təhsil, iş dünyası və gündəlik həyatımızda süni intellektin tətbiqi, daha effektiv, dəqiq və əlverişli həllər təqdim edir. Bu texnologiyaların etik və sosial təsirləri də diqqətə alınmalı və balanslı bir yanaşma tətbiq edilməlidir. Süni intellektin düzgün və ədalətli istifadəsi, cəmiyyətimizin gələcəyini daha parlaq və inkişaf etmiş bir dünyaya çevirmək üçün əhəmiyyətli bir addım olacaqdır. Sİ-nin müsbət və mənfi tərəfləri var. Belə ki, Sİ təkrarlanan və yorucu işlərin, tapşırıqların avtomatlaşdırmaqla tamamilə aradan qaldıra bilir, tətbiq edilən proses və tapşırıqlarda minimum və ya heç bir xətanın, səhv olmamasını təmin edir, sürətli və doğru qərarları verə bilmə bacarığına nail olur, günün istənilən vaxtı fəaliyyət göstərə bilir. Bununla yanaşı Sİ-nin mənfi nəticələrini də qeyd etməliyik. Sİ ilkin mərhələdə tətbiqi böyük investisiya (maliyyə, texnoloji) tələb etməsi, bu sahədə təcrübəli mütəxəssislərin azsaylı olması və ya heç olmaması, tamamilə Sİ məhsulu və xidmətlərinin hələ də tam formalaşmamış olması, Sİ-dən arzuolunmayan məqsədlər üçün istifadə oluna bilinməsi, Sİ-nin tətbiqi nəticəsində işsizliyin artması Sİ-in mənfi nəticələri sırasındadır.

Açar sözlər: Rəqəmsal idarəetmə, süni intellekt, innovativ sistem, inkişaf, iqtisadiyyat

Digitalization is the development of a society or country using digital technologies and the spread of these technologies to all areas of life. Today, we can see the impact of digitalization in many areas. Therefore, the contribution of digitalization is undeniable. It can also contribute to the economic growth of the country and the increase in the competitiveness of the country. Today, there are many big brands that understand the importance of digitalization and invest in this area.

The importance of digitalization can be seen in many different areas. First of all, digitalization allows people to access information and data more easily and quickly, and to work more efficiently and effectively using this information and data. This allows people to do their jobs more quickly and effectively, thus freeing up more time for themselves. Thanks to digitalization, a country can access world markets more easily and thus trade more.

The advantages of digitalization can be noted in many different areas. For example, digitalization allows people to access information and data more easily and quickly. In this way, employees can perform their work much faster and more effectively. As a result of this situation, a company's profit and sales rates also increase.

Many different steps can be taken for digitalization. For a country to become digital, its digital infrastructure must first be strengthened. This allows it to use digital technologies more quickly and efficiently. In addition, digital education programs must be developed and disseminated for a country to become digital. In this way, people can work more efficiently and effectively using digital

technologies. In addition, what needs to be done for digitalization includes supporting and developing the digital sector. In this way, the number of products and services produced in the country using digital technologies increases.

Digitalization affects the business world in various ways. As we mentioned earlier, thanks to digitalization, employees can perform their work faster and more efficiently. This increases productivity in the business world. In addition, thanks to digitalization, it is possible to access information in the business world. Using this information, much more effective and efficient work emerges. (Luget, George; Stubblefield, William.2004, s.356) This ensures that better quality services and products are offered in the business world. Finally, thanks to digitalization, the business world will have easier access to global markets. In this way, growth and developments in the business world increase.

We can see examples of digitalization in many different areas. These areas include areas such as communication, education, healthcare, and trade. For example, thanks to digitalization, people can connect with the whole world through the internet, and thus they can communicate with people around the world more easily and quickly. In addition, thanks to digitalization, people can study over the internet, and thus they can more easily access educational programs all over the world.

Digital transformation can be implemented in many areas where it is needed. Below we have listed the types of digital transformation that come to mind first:

Digital transformation in business: It is the use of digital technologies in the business world to make things more efficient and effective.

Digital transformation in education: It is the use of digital technologies in education and the delivery of training programs in a more efficient and effective way.

Digital transformation in healthcare: It is the use of digital technologies in healthcare to deliver healthcare services faster and more effectively.

By learning about the types of digital transformation, you can adopt the type of transformation that is right for your industry and make progress in this field.

Artificial Intelligence (AI) broadly refers to any human-like behavior displayed by a machine or system. In its most basic form, computers are programmed to “mimic” human behavior using extensive data from past similar behavior patterns. This can range from recognizing the difference between a cat and a bird to performing complex tasks in a manufacturing facility. Whether you’re talking about deep learning, strategic thinking, or another type of AI, its primary use is in situations that require lightning-fast responses. With AI, machines can solve problems using supervised, unsupervised, or reinforced learning, working efficiently in the blink of an eye and analyzing vast amounts of data.

Artificial intelligence automates repetitive learning and data mining. But AI is different from machine-driven robotic automation. Instead of automating manual tasks, AI performs frequent, high-volume, computerized tasks reliably and tirelessly. This type of automation still requires a workforce to set up the system and ask the right questions. • Artificial intelligence adds intelligence to existing products. In most cases, AI will not be sold as standalone software. Instead, products you already use will be

enhanced with AI capabilities, such as Siri being added as a feature to the next generation of Apple products. Automation, conversational platforms, bots, and intelligent machines can be combined with large amounts of data to improve a range of technologies, from security intelligence to investment analysis in the home and workplace.

Artificial intelligence adapts to data through progressive learning algorithms to allow it to do programming. Artificial intelligence finds structure and regularities in data, so the algorithm acquires a skill: a classifier or a predictor. So, just as an algorithm can teach itself to play chess, it can teach itself which product to recommend to a human on its next visit. And models adapt as new data comes in. Backpropagation is an artificial intelligence technique that allows a model to adjust through training and additional data if the initial answer is not entirely correct.

By 1949, computers could execute commands, but they could not remember what they had done because they could not store those commands. In 1950, Alan Turing discussed how to build intelligent machines and test their intelligence in his paper "Computing Machinery and Intelligence." Five years later, the first artificial intelligence program was presented at the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence (DSRAI). This event accelerated research on artificial intelligence for the next few decades. Between 1957 and 1974, computers became faster, cheaper, and more accessible. Machine learning algorithms improved, and in 1970, one of the leaders of DSRAI told Life Magazine that a machine with a third of the average human's intelligence would be around. Eight years.

Despite their success, computers' inability to store information efficiently or process it quickly created obstacles in the pursuit of artificial intelligence for the next decade.

Artificial intelligence was revived in the 1980s with the expansion of the algorithmic toolkit and increased funding. John Hopfield and David Rumelhart introduced "deep learning" techniques that allow computers to learn through experience. Edward Feigenbaum introduced "expert systems" that mimic human decision-making. (Rich, Elaine; Knight, Kevin; Nair, Shivashankar B, 2010, s.467) Despite a lack of government funding and public hype, artificial intelligence advanced and achieved many important goals over the next two decades. In 1997, world chess champion and grandmaster Garry Kasparov was defeated by IBM's chess computer program Deep Blue. That same year, speech recognition software developed by Dragon Systems was implemented in Windows. Cynthia Breazeal also developed a robot called Kismet that could recognize and display emotions.

In 2016, Google's AlphaGo program defeated Go master Lee Se-dol, and in 2017, the poker-playing supercomputer Libratus defeated the best human players.

The "Artificial Intelligence Strategy for 2025-2028", approved by President Ilham Aliyev today, includes 13 goals.

These are as follows: Ensuring the artificial intelligence industry in the country, including its sustainability and competitiveness in the priority sectors identified; training a qualified workforce with the necessary knowledge and skills to work in the artificial intelligence industry; applying artificial intelligence in public administration to increase efficiency and transparency through accurate decision-making, provide better quality services to citizens, and optimize internal management processes; establishing regional artificial intelligence training and talent centers that serve local, regional, and international

market needs; increasing computing power and data centers for deploying artificial intelligence systems, processing large amounts of data, and analytical analysis; development of high-level computing infrastructure to perform complex mathematical operations and simulate systems, recreate patterns and perform other highly computationally demanding tasks; development of the foundations and norms of artificial intelligence in the country's legislation and the formation of ethical principles and rules for the use of artificial intelligence; application of global standards for artificial intelligence in the creation and continuous improvement of artificial intelligence systems; promotion of cooperation between sectors to conduct research on artificial intelligence and develop artificial intelligence systems; ensuring the responsible use of artificial intelligence and protecting the rights of citizens and the confidentiality of information; ensuring that artificial intelligence does not cause information bias, preventing its use for purposes contrary to the interests of the state, society and citizens; ensuring the reduction of risks and harm caused during the implementation of innovative solutions; Strengthening the trust levels of digital tools for artificial intelligence and expanding the application of artificial intelligence to ensure national security, including information security, information manipulation, as well as prevention of disinformation attacks and protection of artificial intelligence systems. The "Artificial Intelligence Strategy for 2025-2028", approved by President Ilham Aliyev today, includes 4 goals. These are the following: Increasing the competitiveness of the country's economy; creating favorable conditions for the application of artificial intelligence; training a qualified workforce to work in the artificial intelligence industry; widely promoting the benefits of artificial intelligence to all members of society.

The field of robotics and the science of artificial intelligence are closely related to each other. The creation of intelligent robots using artificial intelligence in robotics creates a new field of artificial intelligence science. It is necessary to work on intelligence to manipulate objects, find their location, analyze the surrounding world and plan their movements. Examples of robots with artificial intelligence are the toy robot Pleo, Aibo, Grio, etc.

Artificial intelligence is a system that allows machines to perform human-like tasks, learn from experience, and adapt to new inputs. The most important feature that distinguishes artificial intelligence from today's technology systems is its ability to imitate human intelligence. Thanks to artificial intelligence, it is possible to make the best use of data, which plays a much more important role for companies today. Only the United Nations (UN) has stated that technological developments in the field of artificial intelligence should be carefully monitored to prevent misuse. Geoffrey Hinton, 75, described as the "father of artificial intelligence", said that the development in the field of artificial intelligence is "terrible" and that he regrets his work in this field. He said that artificial intelligence is "terrible" and that he regrets his work in this field. Although artificial intelligence has many benefits, it also has some disadvantages. Artificial intelligence increases unemployment, creates ethical problems, and can weaken humanity.

With the foresight and leadership of President Ilham Aliyev, there is also progress in the field of artificial intelligence in Azerbaijan. Naturally, digitalization and commitment to innovations have created a favorable environment and basis for technological development and growth. Our country is a leader

in this field in the region, playing a role of a model for other countries that want to use the power of technology for economic and social development.

Azerbaijan is always distinguished by its openness to innovations. In this regard, it is noteworthy that the artificial intelligence robot Sophia, a citizen of Saudi Arabia, came to our country on October 23, 2018 and talked with our head of state Ilham Aliyev, as well as held meetings in various places. President Ilham Aliyev, who attended the opening of the "ASAN Life" complex as part of his visit to the Imishli district, talked with an android robot controlled by artificial intelligence.

A roadmap for the development of a National Strategy on Artificial Intelligence in Azerbaijan has already been drawn up. This took place in February of this year within the framework of cooperation between the Center for Analysis and Coordination of the Fourth Industrial Revolution and the World Economic Forum's Artificial Intelligence and Machine Learning Platform. Digitalization and the introduction of modern technological solutions will allow us to use our country's economic potential more effectively.

The main focus of the World Government Summit in Dubai in February 2023 was on artificial intelligence and emerging technologies. Countries need to invest in artificial intelligence education to remain competitive in the global race. Effective steps are being taken in Azerbaijan in the field of artificial intelligence and emerging technologies. Our country's commitment to digitalization and innovation has put it at the forefront of the global race for technological progress.

Literature

1. Luget, George; Stubblefield, William. (2004) Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving (5th). Benjamin/Cummings, 136-139
2. Rich, Elaine; Knight, Kevin; Nair, Shivashankar B. (2010) Artificial Intelligence (3rd). New Delhi: Tata McGraw Hill India.324-328

SUMMARY

Aytan Bakhshaliyeva

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DIGITAL MANAGEMENT

Artificial intelligence technologies are radically changing our lives and providing great help to people in various fields. The application of artificial intelligence in medicine, education, the business world and our daily lives provides more effective, accurate and convenient solutions. However, the ethical and social impacts of these technologies should also be taken into account and a balanced approach should be applied. The correct and fair use of artificial intelligence will be an important step in transforming the future of our society into a brighter and more developed world. AI has its positive and negative sides. Thus, AI can completely eliminate repetitive and tedious tasks and tasks by automating them, ensures minimal or no errors and mistakes in the applied processes and tasks, achieves the ability to make quick and correct decisions, and can operate at any time of the day. At the same time, we should also mention the negative consequences of AI. The fact that AI requires large investments (financial, technological) in the initial stage of its implementation, the small number or absence of experienced specialists in this field, the fact that AI products and services

are not yet fully formed, AI can be used for undesirable purposes, and the increase in unemployment as a result of AI implementation are among the negative consequences of AI.

Keywords: *Digital management, artificial intelligence, innovative system, development, economy*

РЕЗЮМЕ

Айтен Бахшалиева

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЦИФРОВОМ УПРАВЛЕНИИ

Технологии искусственного интеллекта радикально меняют нашу жизнь и оказывают огромную помощь людям в различных сферах. Применение искусственного интеллекта в медицине, образовании, бизнесе и нашей повседневной жизни обеспечивает более эффективные, точные и доступные решения. Однако необходимо также учитывать этические и социальные последствия этих технологий и применять сбалансированный подход. Правильное и справедливое использование искусственного интеллекта станет важным шагом на пути к превращению будущего нашего общества в более яркий и развитый мир. У ИИ есть свои плюсы и минусы. Таким образом, ИИ может полностью исключить повторяющиеся и утомительные задачи и задачи за счет их автоматизации, обеспечивает минимальные или отсутствующие ошибки и ошибки в прикладных процессах и задачах, достигает способности принимать быстрые и правильные решения и может действовать в любое время суток. В то же время следует упомянуть и о негативных последствиях ИИ. К негативным последствиям ИИ относятся то, что применение ИИ требует больших инвестиций (финансовых, технологических) на начальном этапе, малое количество или отсутствие опытных специалистов в этой области, то, что продукты и услуги ИИ еще не полностью сформированы, возможность использования ИИ в нежелательных целях, рост безработицы в результате применения ИИ.

Ключевые слова: *Цифровой менеджмент, искусственный интеллект, инновационная система, развитие, экономика*

BÖHRAN İDARƏETMƏDƏ UĞURLU MARKETİNG STRATEGİYALARI: SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ İLƏ YENİ YANAŞMALAR

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419404>

Elçin ƏLİBƏYLİ

elchinelibeyli@ndu.edu.az

Orcid ID: 0009-0005-0656-3001

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Rəna KƏLƏŞƏOVA

renaa162010@gmail.com

Orcid ID: 0009-0008-2768-7240

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Böhranların müsbət potensialını anlamaq və onlara hazır olmaq, müəssisələrin uzunmüddətli dayanıqlığı üçün həyati əhəmiyyət daşıyır. Nəticə olaraq, böhranlar yalnız dağıdıcı deyil, həm də inkişaf və innovasiya üçün katalizator ola bilər. Böhran şəraitində müəssisələrin fəaliyyətini davam etdirməsi və bazarda mövqeyini qoruyub saxlaması üçün effektiv marketing strategiyalarına ehtiyac vardır. Bu məqalədə böhran dövründə tətbiq edilən uğurlu marketing strategiyaları və bu strategiyaların inkişafında süni intellektin (SI) rolu təhlil edilir. SI texnologiyalarının təhlil, proqnozlaşdırma və fərdiləşdirilmiş müştəri yanaşması sahələrində tətbiqi böhran şəraitində müəssisələr üçün mühüm üstünlüklər təmin edir. Məqalədə həm ənənəvi, həm də rəqəmsal marketing strategiyaları müqayisə edilir və real nümunələr əsasında SI-nin praktik təsirləri izah olunur.

Açar sözlər: böhran idarəçiliyi, marketing strategiyaları, süni intellekt, rəqəmsal transformasiya, müştəri davranışı, innovasiya.

GİRİŞ

Müasir iqtisadi sistemlərdə qeyri-sabitliklər və böhranlar müəssisələrin davamlı fəaliyyətini təhlükə altına alır. 2008-ci il maliyyə böhranı, COVID-19 pandemiyası kimi hadisələr müəssisələri çevik qərarlar verməyə və yeni strategiyalar tətbiq etməyə məcbur etmişdir. Bu kontekstdə effektiv marketing strategiyaları böhrandan çıxış və dayanıqlı inkişaf üçün vacib alətə çevrilmişdir. Eyni zamanda, süni intellekt texnologiyalarının inkişafı marketing sahəsində yeni imkanlar yaradaraq fərdi yanaşmalar, davranış analizləri və avtomatlaşdırılmış qərarvermə proseslərini mümkün etmişdir.

MATERIAL VƏ METODLAR

Bu araşdırma keyfiyyət əsaslı metodologiya əsasında aparılmışdır. Məqalənin yazılması zamanı aşağıdakı mərhələlər yerinə yetirilmişdir:

- Ədəbiyyat icmal – Beynəlxalq elmi mənbələrdən (kitablar, məqalələr, analitik hesabatlar) istifadə olunaraq böhran dövrü marketing strategiyaları və süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi haqqında məlumatlar toplanmışdır.
- Müqayisəli təhlil – Ənənəvi və süni intellekt əsaslı marketing strategiyaları müqayisə edilərək üstünlüklər və çatışmazlıqlar müəyyənləşdirilmişdir.

- Praktik nümunələrin analizi – Starbucks, Unilever və Alibaba kimi real şirkətlərin böhran şəraitində SI texnologiyalarından istifadəsi təhlil edilmişdir.
- İkinci dərəcəli məlumatların istifadəsi – PwC, McKinsey və digər beynəlxalq analitik qurumların hesabatlarından istifadə olunmuşdur.

Araşdırma nəticələri əsasən nəzəri təhlil və praktiki müşahidələrə əsaslandığı üçün məlumatların etibarlılığı akademik mənbələrin və real dünya nümunələrinin uyğunluğuna əsaslanır.

Süni intellekt texnologiyaları son illərdə marketinq sahəsində böyük dönüş yaratmışdır. Böhran dövründə SI texnologiyalarının inteqrasiyası daha da aktuallaşmışdır. Bu texnologiyaların tətbiq sahələrinə:

Müştəri davranışının proqnozlaşdırılması: - SI vasitəsilə müəssisələr müştərilərin alış-veriş davranışlarını analiz edə və gələcəkdəki seçimlərini proqnozlaşdırma bilirlər. Məsələn, Amazon və Netflix platformaları müştəri davranışına əsaslanaraq fərdi tövsiyələr təqdim edir.

Avtomatlaşdırılmış marketinq kampaniyaları: - AI əsaslı sistemlər e-poçt marketinqi, sosial media paylaşımları və reklamların optimallaşdırılmasını avtomatik şəkildə həyata keçirir. Bu, xərclərin azaldılmasına və effektivliyin artırılmasına xidmət edir.

Chatbotlar və virtual assistentlər: - Pandemiya dövründə bir çox müəssisə chatbotlardan istifadə edərək 24/7 müştəri dəstəyini təmin etmişdir. Bu texnologiyalar həm operativliyi artırır, həm də insan resurslarına olan tələbi azaldır.

Rəqəmsal analitika və real vaxt reaksiyalar: - SI real vaxtda məlumat toplamaq və analiz etmək qabiliyyətinə malikdir. Bu isə müəssisəyə çevik qərarlar vermək və kampaniyaları optimallaşdırmaq imkanı yaradır.

Göstərilən texnologiyaların tətbiqi müəssisədə uğurlu fəaliyyətin həyata keçirilməsi üçün mühüm töhfə verə bilər. Bu sahədə uğurlu tətbiqlərə biz aşağıdakıları göstərə bilərik:

Starbucks: Şirkət süni intellekt texnologiyasından istifadə edərək müştəri məlumatlarını analiz edir və fərdi təkliflər hazırlayır. Böhran dövründə müştəri sədaqət proqramı SI əsaslı fərdiləşdirilmiş kampaniyalarla gücləndirildi.

Unilever: Pandemiya dövründə Unilever süni intellektdən istifadə edərək istehlakçı ehtiyaclarını təhlil etdi və məhsul istehsalını bu ehtiyaclara uyğunlaşdırdı.

Alibaba: COVID-19 pandemiyası zamanı AI texnologiyası ilə təchiz olunmuş sistemlər sayəsində loqistika və məhsul yerləşdirmə prosesləri optimallaşdırıldı.

Göstərilən istiqamətlərdə süni intellektin tətbiqi marketinq sahəsində geniş imkanlar yaratsa da, onun tətbiqi ilə bağlı bir sıra risklər mövcuddur:

Etik məsələlər və şəxsi məlumatların qorunması – SI sistemləri böyük həcmdə fərdi məlumat toplayır və bu, məlumatların gizliliyi və hüquqi tənzimlənməsi baxımından ciddi narahatlıq doğurur. GDPR və digər beynəlxalq normativlər bu sahədə ciddi məhdudiyyətlər qoyur.

Şəffaflıq və izah edilə bilmə problemi – SI alqoritmləri qərarları necə verdiklərini izah edə bilmədikdə, bu müəssisələrin həm müştərilər, həm də tənzimləyici orqanlar qarşısında hesabatlılığını çətinləşdirə bilər.

İnsan resurslarına təsir və texnoloji asılılıq – Avtomatlaşdırma insan əməyinə olan tələbatı azalda bilər ki, bu da sosial və iqtisadi cəhətdən risk yaradır. Eyni zamanda, müəssisələr SI sistemlərinə çox bağlı olduqda, texnoloji nasazlıqlar və ya kibertəhlükələr fəaliyyətə ciddi təsir göstərə bilər.

Maliyyə və texniki resursların məhdudluğu – Xüsusilə kiçik və orta sahibkarlıq subyektləri üçün SI texnologiyalarının tətbiqi yüksək investisiya və texniki bilik tələb etdiyindən, bu texnologiyalara çıxışda bərabərsizlik müşahidə oluna bilər.

NƏTİCƏ

Təəssüf ki, bir çox şirkətlər böhran anlarında ilk növbədə marketinq büdcəsini azaltmağı düşünürlər. Halbuki bu, uzunmüddətli perspektivdə daha böyük itkilərə səbəb olur. Unutmaq olmaz ki, böhran düzgün idarəedildikdə həm də fürsət deməkdir. Böhran dövrləri doğru dəyərləndirildikdə şirkətlər üçün bazar payını artırmaq, müştəri loyallığını qazanmaq üçün əvəzsiz imkanlar yarada bilər.

Böhran şəraitində effektiv marketinq strategiyaları müəssisələrin davamlılığının təmin olunmasında və müştəri ilə əlaqələrin qorunmasında mühüm rol oynayır. Süni intellekt texnologiyaları isə bu strategiyaların daha çevik, fərdiləşdirilmiş və səmərəli olmasına imkan yaradır. Bu səbəbdən müəssisələr SI əsaslı alətləri marketinq sistemlərinə inteqrasiya etməli və rəqəmsal transformasiyanı sürətləndirməlidirlər.

Təvsiyələr:

SI əsaslı analitik platformaların tətbiqi genişləndirilməlidir;

Marketinq komandaları süni intellekt texnologiyalarına dair biliklərlə təchiz olunmalıdır;

Müştəri mərkəzli və etik yanaşmalar əsas prioritet olaraq saxlanmalıdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Quliyev, Rövsən. *İqtisadi Teoriyalar və Müasir Yanaşmalar* (2021). Bakı: İqtisad Nəşriyyatı.
2. Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2019). *Digital Marketing*. Pearson Education.
3. Alibeyli, T. (2023). Design and cyberpsychological problems of the digitization of the education system. *Journal of Modern Technology and Engineering*, (S1), 79-83.
4. Huang, M.-H., & Rust, R. T. (2021). Artificial Intelligence in Service. *Journal of Service Research*, 24(1), 3–20. <https://doi.org/10.1177/1094670520902266>
5. Kotler, P., Kartajaya, H., & Setiawan, I. (2021). *Marketing 5.0: Technology for Humanity*. Wiley.
6. PwC. (2020). *AI Predictions: 2020*. PricewaterhouseCoopers. <https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-predictions-2020.pdf>
7. Harvard Business Review. *Crisis Management: Master the Skills to Prevent Disasters*. Harvard Business Press, 2020.

ABSTRACT

Elchin ALIBEYLI
Rena KELASHEOVA

SUCCESSFUL MARKETING STRATEGIES IN CRISIS MANAGEMENT: NEW APPROACHES WITH THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Understanding the positive potential of crises and being prepared for them is vital for the long-term sustainability of businesses. As a result, crises are not only destructive, but can also be catalysts for growth and innovation. In order for businesses to continue their activities and maintain their position in the market during crises, effective marketing strategies are needed. This article analyzes successful marketing strategies implemented during crises and the role of artificial intelligence (AI) in the development of these strategies. The application of AI technologies in the areas of analysis, forecasting and personalized customer approach provides significant advantages for businesses in crises. The article compares both traditional and digital marketing strategies and explains the practical effects of AI based on real examples.

Keywords: crisis management, marketing strategies, artificial intelligence, digital transformation, customer behavior, innovation.

АННОТАЦИЯ

Эльчин Алибейли
Рена Келешева

УСПЕШНЫЕ МАРКЕТИНГОВЫЕ СТРАТЕГИИ В УПРАВЛЕНИИ КРИЗИСАМИ: НОВЫЕ ПОДХОДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Понимание позитивного потенциала кризисов и готовность к ним жизненно важны для долгосрочной устойчивости бизнеса. В результате кризисы не только разрушительны, но и могут быть катализаторами роста и инноваций. Для того чтобы бизнес мог продолжать свою деятельность и сохранять свои позиции на рынке во время кризисов, необходимы эффективные маркетинговые стратегии. В этой статье анализируются успешные маркетинговые стратегии, реализованные во время кризисов, и роль искусственного интеллекта (ИИ) в разработке этих стратегий. Применение технологий ИИ в областях анализа, прогнозирования и персонализированного подхода к клиентам дает значительные преимущества для бизнеса в кризисы. В статье сравниваются как традиционные, так и цифровые маркетинговые стратегии и объясняются практические эффекты ИИ на основе реальных примеров.

Ключевые слова: управление кризисом, маркетинговые стратегии, искусственный интеллект, цифровая трансформация, поведение клиентов, инновации.

RƏQƏMSAL İDARƏETMƏDƏ SÜNİ İNTELLEKT

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419414>

Əli FƏRƏCOV

ali.farajov@abb-bank.az

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Süni intellekt, müasir dövrün ən güclü texnologiyalarından biridir və artıq bir çox sahədə istifadə edilməkdədir. Rəqəmsal idarəetmə, təşkilatların və müəssisələrin əməliyyatlarını effektiv şəkildə idarə etmək və optimallaşdırmaq məqsədilə rəqəmsal texnologiyaların tətbiqini əhatə edir. Bu yanaşmada süni intellektin rolu xüsusilə böyükdür, çünki SI, məlumatların təhlili, proqnozlaşdırma, avtomatlaşdırma və qərar qəbul etmə proseslərini təkmilləşdirir. Bu məqalədə, rəqəmsal idarəetmədə süni intellektin istifadəsi və bu texnologiyanın təşkilatlara və bizneslərə gətirdiyi üstünlüklər araşdırılacaqdır.

Rəqəmsal idarəetmə, texnologiyalar vasitəsilə müəssisələrin idarəetmə proseslərini optimallaşdırmağa və əməliyyatlarını rəqəmsal şəkildə inkişaf etdirməyə imkan verir. Bu proseslər məlumat toplama, təhlil etmə və bu məlumatlardan istifadə etməklə müvafiq qərarları qəbul etmək üzərində quruludur. Rəqəmsal idarəetmədə istifadə olunan texnologiyalar arasında süni intellekt, ən güclü və təsirli vasitələrdən biridir.

Süni intellektin əsas məqsədi, insan təcrübəsindən və intellektindən istifadə edərək, maşınların da oxşar şəkildə qərar verməsi, problemləri həll etməsi və müstəqil şəkildə fəaliyyət göstərməsidir. Bu, xüsusilə verilənlərin böyük həcmində və kompleksliyində üstünlük təmin edən bir texnologiyadır. Rəqəmsal idarəetmənin müxtəlif sahələrində süni intellektin tətbiqi, təşkilatların daha ağıllı və effektiv şəkildə fəaliyyət göstərməsinə imkan yaradır.

Açar sözlər: *rəqəmsal idarəetmə, süni intellekt, qərar qəbul etmə, idarəetmə, texnologiya, avtomatlaşdırma*

Rəqəmsal idarəetmədə süni intellektin bir çox tətbiq sahələri mövcuddur. Bu texnologiya, təşkilatların müxtəlif əməliyyatlarını daha sürətli və doğru şəkildə həyata keçirmələrinə kömək edir. Aşağıda süni intellektin ən çox istifadə edildiyi sahələr təqdim edilir.

Süni intellektin tətbiqi, təşkilatlara böyük verilənləri (big data) analiz etmək və bu məlumatlar əsasında proqnozlar vermək imkanı yaradır. SI alqoritmləri, verilənləri təhlil edərək, iş dünyasında yaranan trendləri və dəyişiklikləri əvvəlcədən görə bilir. Bu, müəssisələrin strateji qərar qəbul etmə proseslərini asanlaşdırır və daha düzgün yönləndirir.

Məsələn, şirkətlər, müştəri davranışlarını analiz edərək, satışları proqnozlaşdırır və məhsul təkliflərini müştərilərin ehtiyaclarına uyğunlaşdırır. Eyni zamanda, bizneslər fəaliyyətlərini optimallaşdıraraq, xərcləri azalda bilər. (Balayev, Əlizadə, Musayev, 2016, s. 256)

Süni intellekt, təkrarlanan və vaxt aparan işləri avtomatlaşdırmağa kömək edir. Bu, əməliyyatların daha sürətli və daha effektiv bir şəkildə yerinə yetirilməsini təmin edir. Məsələn, robot proses avtomatlaşdırması və süni intellekt alqoritmləri, ofis işlərini, mühasibatlıqı, kadr idarəetməsini və digər idarəetmə proseslərini avtomatlaşdırır.

Bu cür avtomatlaşdırma, insan səhvlərini minimuma endirir və əməliyyat xərclərini azaldır. Ayrıca, işçilər daha yüksək dəyərli tapşırıqlara yönəldilir və məhsuldarlıq artır.

Müştəri xidmətləri sahəsində süni intellektin tətbiqi, daha sürətli və effektiv müştəri dəstəyi təmin edir. Chatbotlar və virtual köməkçilər, müştəri suallarını anında cavablandırmaq və problemləri

həll etmək üçün istifadə olunur. Bu, müştəri məmnuniyyətini artırır və müştərilərin hər zaman əlçatan olmalarını təmin edir.

Eyni zamanda, süni intellekt, müştərilərin ehtiyaclarını və üstünlüklərini daha yaxşı anlamağa kömək edir. Bu da şirkətlərin müştərilərə daha fərdi xidmətlər təqdim etmələrinə və onların tələblərinə uyğun məhsullar təklif etmələrinə imkan verir.

İnsan resursları idarəetməsi sahəsində süni intellektin tətbiqi, işə qəbul proseslərini daha düzgün və obyektiv edir. Süni intellekt, işə qəbul prosesində namizədlərin bacarıqlarını və uyğunluqlarını qiymətləndirərək, ən uyğun işçiləri seçməyə kömək edir. Eyni zamanda, işçilərin performansını izləmək və inkişaf sahələrini müəyyənləşdirmək üçün verilənlər analizindən istifadə edilir. (Rzayeva, İbrahimova, 2021, s. 200)

Bu texnologiya həmçinin, işçi ehtiyaclarını daha yaxşı təxmin etməyə və təşkilatların iş gücünü daha səmərəli şəkildə idarə etməyə imkan verir.

Süni intellektin marketinq və satış sahəsində istifadəsi, müəssisələrə müştərilərin maraqlarını daha yaxşı anlamağa və onlara uyğun təkliflər verməyə kömək edir. Marketinq kampaniyalarının və reklamların təhlilini, müştəri reaksiyalarını və bazar təhlilini daha effektiv etmək üçün SI alqoritmlərindən istifadə olunur.

Süni intellektin analitik qabiliyyəti, marketinq komandalarının daha doğru qərarlar verməsinə və satışları artırmaq üçün daha hədəflənmiş yanaşmalar tətbiq etməsinə imkan tanıyır.

Süni intellektin rəqəmsal idarəetmədəki tətbiqi gələcəkdə daha da genişlənəcək və bizneslər üçün əvəzolunmaz bir vasitə olacaqdır. Lakin bu inkişafla yanaşı, etik və hüquqi məsələlər də ön plana çıxır. Süni intellektin qərar qəbul etmə prosesində daha çox rol oynaması, insan müdaxiləsini azaldacaq və bu da iş dünyasında bəzi narahatlıqlara səbəb ola bilər.

Bundan əlavə, süni intellektin potensialından tam yararlanmaq üçün verilənlər məxfiliyinin qorunması və texnoloji inkişafı üçün uyğun tənzimləmələrin yaradılması vacibdir.

Rəqəmsal idarəetmə, təşkilatların və şirkətlərin əməliyyatlarını daha səmərəli, çevik və innovativ şəkildə idarə etmək üçün rəqəmsal texnologiyaların istifadəsini əhatə edir. Bu yanaşma, ənənəvi idarəetmə metodlarının yerini götürməkdədir və biznes dünyasında daha sürətli qərar qəbul etmə, operativlik və müştəri məmnuniyyətini artırmaq məqsədini güdür. Süni intellekt isə, rəqəmsal idarəetmənin ən vacib komponentlərindən biri kimi, bu sahənin inkişafına mühüm töhfələr verir. Süni intellektin bu sahədəki tətbiqləri və imkanları, müasir iş dünyasında rəqəbat üstünlüyü əldə etmək üçün əhəmiyyətli bir vasitədir. (Əliyev, Həşimova, 2019, s. 28)

Bu məqalə, rəqəmsal idarəetmədə süni intellektin rolunu və tətbiq sahələrini müzakirə edəcək, eyni zamanda bu texnologiyanın idarəetmə proseslərinə gətirdiyi yenilikləri və üstünlükləri araşdıracaqdır.

1. Rəqəmsal İdarəetmə Nədir?

Rəqəmsal idarəetmə, texnologiyaların iş dünyasında əməliyyatların və resursların idarə olunmasına inteqrasiya edilməsidir. Bu yanaşma, xüsusilə məlumat analitikası, bulud texnologiyaları, sənaye 4.0, IoT (Internet of Things) və süni intellekt kimi yeni texnologiyalardan istifadə edərək təşkilatların iş proseslərini optimallaşdırır. Rəqəmsal idarəetmə, həmçinin, məlumatların toplanması, təhlili və proqnozlaşdırılması ilə əlaqədar proseslərin avtomatlaşdırılmasını təmin edir.

Rəqəmsal idarəetmənin əsas məqsədi, təşkilatların çevikliyini artırmaq, qərar qəbul etmə proseslərini sürətləndirmək və işgüzar fəaliyyətləri optimallaşdırmaqdır. Burada əsas diqqət məlumatların emalı və idarə olunması üzərindədir. Bunun üçün süni intellekt və onun müxtəlif alt sahələri, məsələn, maşın öyrənməsi, dərin öyrənmə, təbii dil işlənməsi və s. istifadə edilir.

2. Süni İntellektin Rəqəmsal İdarəetmədəki Əhəmiyyəti

Süni intellekt, məlumatların işlənməsi, analiz edilməsi və qərar qəbul etmə proseslərini təkmilləşdirərək təşkilatların daha ağıllı və məlumatlı qərarlar verməsini təmin edir. Rəqəmsal idarəetmədə SI-nin əsas rolu, iş proseslərini avtomatlaşdırmaq, verilənlər üzərində nümunələr tapmaq və bu nümunələr əsasında gələcəkdə baş verə biləcək hadisələri proqnozlaşdırmaqdır. Bu, təşkilatların daha sürətli və doğru qərar qəbul etməsini, əməkdaşlıq və müştəri münasibətlərini inkişaf etdirməsini təmin edir.

Süni intellektin rəqəmsal idarəetməyə verdiyi əsas töhfələrdən bəziləri aşağıdakılardır:

Verilənlərin təhlili və proqnozlaşdırılması: Süni intellekt, böyük verilənlər (big data) üzərində işləyərək trendləri, nümunələri və əlaqələri aşkar edə bilir. Bu da təşkilatlara daha yaxşı qərarlar qəbul etmək və gələcək inkişafı proqnozlaşdırmaq imkanı yaradır.

Avtomatlaşdırma və əməliyyat səmərəliliyi: Süni intellekt alqoritmləri, təkrarlanan tapşırıqları avtomatlaşdırmaq və iş proseslərini optimallaşdırmaq üçün istifadə edilir. Bu da təşkilatların əməliyyat xərclərini azaldır və məhsuldarlığı artırır.

İnsan-robot əməkdaşlığı: Süni intellekt texnologiyaları, insan əməkdaşları ilə robotları və alqoritmləri birləşdirərək daha kompleks problemləri həll etməyə imkan verir. İnsanlar və maşınlar birgə çalışaraq daha səmərəli nəticələr əldə edirlər.

Daha sürətli və məlumatlı qərar qəbul etmə: Süni intellektin təhlil etdiyi verilənlər əsasında təşkilatlar daha sürətli və məlumatlı qərarlar verə bilirlər. Bu, şirkətlərin bazarda daha çevik olmasına və rəqəbat üstünlüyü qazanmasına kömək edir. (Əliyev, Həşimova, 2019, s. 28)

3. Süni İntellektin Rəqəmsal İdarəetmədəki Tətbiq Sahələri

Rəqəmsal idarəetmədə süni intellektin tətbiq sahələri olduqca genişdir. Aşağıda, süni intellektin təşkilatların müxtəlif idarəetmə sahələrində necə istifadə edildiyini göstərən bəzi əsas nümunələr təqdim edilir:

3.1. İnsan Resursları İdarəetməsi

Süni intellekt, insan resursları sahəsində müsbət dəyişikliklərə səbəb olur. Əməkdaşların işə qəbul prosesində, süni intellekt alqoritmləri, işə qəbul üçün ən uyğun namizədləri müəyyən etmək üçün istifadə olunur. Əlavə olaraq, işçilərin performansını izləmək və inkişaf planlarını təklif etmək məqsədilə verilənlər analizi və təbii dil işlənməsi texnologiyalarından istifadə edilir.

Süni intellektin işə qəbulda istifadə edilməsi, daha obyektiv və dəqiq qərarların qəbul edilməsini təmin edir və insanların yanlış qərar vermə ehtimalını azaldır.

3.2. Müştəri Xidməti və Təcrübəsi

Süni intellekt, müştəri xidməti sahəsində də mühüm rol oynayır. Chatbotlar və virtual köməkçilər, müştərilərə 24/7 xidmət göstərərək sualları cavablandırır, problemləri həll edir və xidmətləri təkmilləşdirir. NLP texnologiyaları, müştərilərin mətndəki və səsli sorğularını anlamağa və cavab verməyə imkan tanıyır.

Həmçinin, müştəri məlumatlarının analizi əsasında, təşkilatlar müştəri tələblərinə daha sürətli və şəxsiyyətə uyğun cavab verə bilirlər. Bu da müştəri məmnuniyyətini artırır.

3.3. Liderlik və Strateji Qərar Qəbuletmə

Süni intellekt, rəhbərlərin strateji qərarları qəbul etmə prosesində də əhəmiyyətli rol oynayır. Süni intellekt alqoritmləri, müxtəlif müstəvilərdə verilənlər toplayaraq bu verilənlər əsasında biznesin inkişaf istiqamətlərini müəyyənləşdirməyə kömək edir. Gələcək trendlər, bazar dəyişiklikləri və müştəri ehtiyacları haqqında məlumat əldə edərək rəhbərlər daha doğru və uzunmüddətli qərarlar verə bilirlər.

3.4. Əməliyyat və Tədarük Zənciri İdarəetməsi

Süni intellekt, əməliyyat və tədarük zənciri idarəetməsində də tətbiq olunur. Maşın öyrənmə alqoritmləri, məhsul ehtiyaclarını və tədarük proseslərini analiz edərək təhlil edilən məlumatlara

əsaslanaraq anomaliyaları aşkar edir və ehtiyat səviyyələrini optimallaşdırır. Bu, ehtiyat zəncirlərinin daha çevik və iqtisadi olmasına səbəb olur.

3.5. Marketing və Satış

Süni intellekt, marketing və satış sahəsində müştəri davranışlarını təhlil etməyə və hədəf auditoriyanı daha yaxşı başa düşməyə kömək edir. Proqnozlaşdırma modelləri, müştərilərin gələcəkdəki ehtiyaclarını təxmin etməyə və onlara uyğun məhsul təklifləri yaratmağa imkan verir. Bu, müştəri hədəflərini daha dəqiq müəyyənləşdirməyə və marketing strategiyalarını optimallaşdırmağa kömək edir.

4. Süni İntellektin Rəqəmsal İdarəetmədə Gələcəyi

Süni intellektin rəqəmsal idarəetmədəki tətbiqi sürətlə inkişaf edir və gələcəkdə bu texnologiyanın daha da genişlənməsi gözlənilir. İntellektual avtomatlaşdırma, robotların və alqoritmlərin iş dünyasında daha əhəmiyyətli rol oynaması ilə əlaqədar, təşkilatlar daha çevik və effektiv olacaqlar. (Rzayeva, İbrahimova, 2021, s. 200)

Gələcəkdə süni intellektin əsas inkişaf istiqamətləri aşağıdakılardır:

Daha inkişaf etmiş analitika: Süni intellektin təhlil və proqnozlaşdırma qabiliyyətləri inkişaf edəcək və təşkilatlar daha doğru nəticələr əldə edə biləcəklər.

Əməkdaşlıq və intellektual sistemlər: İnsanlar və maşınlar daha yaxşı əməkdaşlıq edərək, mürəkkəb məsələləri daha effektiv şəkildə həll edəcəklər.

Etik və hüquqi məsələlər: Süni intellektin istifadəsi ilə bağlı etik və hüquqi məsələlər daha əhəmiyyətli olacaq və tənzimlənməsi lazım olacaqdır.

Rəqəmsal idarəetmədə süni intellektin istifadəsi müəssisələrə ciddi üstünlüklər qazandırır. Bu texnologiya, iş proseslərini avtomatlaşdırmaq, verilənlərdən daha düzgün proqnozlar vermək, müştəri xidmətlərini inkişaf etdirmək və resursları daha səmərəli şəkildə idarə etmək imkanını verir. Süni intellektin inkişafı ilə rəqəmsal idarəetmə sahəsində yeni imkanlar və çağırışlar ortaya çıxacaq, bu da iş dünyasında daha da böyük dəyişikliklərə səbəb olacaqdır.

ƏDƏBİYYAT

1. R.Ə.Balayev, M.N.Əlizadə, İ.K.Musayev. İntellektual sistemlər və texnologiyalar, Bakı 2016, "MSV Nəşr" nəşriyyatı, dərs vəsaiti, şəkilli, 256 səh.

2. Ş.N.Baxışova. Müəssisələrdə idarəetmə strukturunun formalaşmasında süni intellektin rolu. ATMU

3. Gülnaz Rzayeva, Aytəkin İbrahimova. Süni intellekt, insan hüquqları və fərdi məlumatların təhlükəsizliyi. Dərs vəsaiti, Bakı: "Nurlar" nəşriyyatı, 2021, 200 səh.

4. B.H.Əliyev, N.M.Həşimova. Emosional intellekt: nəzəri baxışların təhlili. Psixologiya jurnalı, 2019, №2, s. 17-28

5. Azərbaycan Avropa Şurası Nazirlər Komitəsinin təsis etdiyi Süni İntellekt üzrə Komitənin II plenar iclasında təmsil olunub.

<https://www.digital.gov.az/az/media/press/azerbaycan-avropa-surasi-nazirler-komitesinin-tesis-etdiyi-suni-intellekt-uzre-komitenin-ii-plenar-iclasinda-temsil-olunub>

6. Azərbaycanda Süni İntellekt laboratoriyası yaradıldı. "TED.AZ" İnformasiya Portalı, 04.09.2019

<http://ted.az/az/view/news/4962/azerbaycanda-suni-intellekt-laboratoriyasi-yaradildi>

7. Bakıda ilk dəfə olaraq "Süni intellekt və insan hüquqları" mövzusunda beynəlxalq konfrans keçirilib.

<http://anl.az/down/meqale/azerbaycan/2019/noyabr/683719.htm>

8. Hüseyn Vəliyev. Azərbaycan "Microsoft"la süni intellekt sahəsində əməkdaşlığa start verir. "APA" İnformasiya Agentliyi

<https://apa.az/az/infrastruktur/Azrbaycan-Microsoftla-suni-intellekt-sahsind-mkdasliga-start-verib-574532>

9. Bahattin Gönültaş. Yapay zekada ülkelerin stratejik hamleleri, 2019.

<https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/yapay-zekada-ulkelerin-stratejik-hamleleri/1653383>

ABSTRACT

Ali Farajov

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DIGITAL MANAGEMENT

Artificial intelligence is one of the most powerful technologies of the modern era and is already being used in many areas. Digital management involves the application of digital technologies to effectively manage and optimize the operations of organizations and businesses. The role of artificial intelligence in this approach is particularly great, because AI improves the processes of data analysis, forecasting, automation and decision-making. In this article, the use of artificial intelligence in digital management and the advantages that this technology brings to organizations and businesses will be examined.

Digital management allows businesses to optimize their management processes and develop their operations digitally through technologies. These processes are based on collecting, analyzing data and using this data to make appropriate decisions. Among the technologies used in digital management, artificial intelligence is one of the most powerful and effective tools.

The main goal of artificial intelligence is to enable machines to make decisions, solve problems and act independently in a similar way, using human experience and intelligence. This is a technology that provides advantages, especially in the case of large volumes and complexity of data. The application of artificial intelligence in various areas of digital management allows organizations to operate more intelligently and effectively.

Key words: digital management, artificial intelligence, decision making, management, technology, automation

РЕЗЮМЕ

Али Фараджов

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЦИФРОВОМ УПРАВЛЕНИИ

Искусственный интеллект — одна из самых мощных технологий современности, которая уже используется во многих областях. Цифровое управление подразумевает применение цифровых технологий для эффективного управления и оптимизации деятельности организаций и предприятий. Роль искусственного интеллекта в этом подходе особенно важна, поскольку ИИ улучшает процессы анализа данных, прогнозирования, автоматизации и принятия решений. В этой статье мы рассмотрим использование искусственного интеллекта в цифровом управлении и преимущества, которые эта технология приносит организациям и предприятиям.

Цифровое управление позволяет предприятиям оптимизировать процессы управления и развивать свою деятельность в цифровом формате с помощью технологий. Эти процессы основаны на сборе информации, ее анализе и принятии соответствующих решений с

использованием этой информации. Среди технологий, используемых в цифровом управлении, искусственный интеллект является одним из самых мощных и эффективных инструментов.

Основная цель искусственного интеллекта — дать возможность машинам принимать решения, решать проблемы и действовать самостоятельно аналогичным образом, используя человеческий опыт и интеллект. Это технология, которая дает преимущества, особенно в случае больших объемов и сложности данных. Применение искусственного интеллекта в различных областях цифрового управления позволяет организациям действовать более разумно и эффективно.

Ключевые слова: цифровой менеджмент, искусственный интеллект, принятие решений, менеджмент, технологии, автоматизация

TƏHSİLDƏ SÜNİ İNTELLEKT: QLOBAL TRENDLƏR VƏ AZƏRBAYCAN

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419428>

Həqiqət QƏDİMOVA

haqiqat-
gadimova@unec.edu.az
Azərbaycan Dövlət
İtisad Universiteti
Zqatala filialı

Xəzəngül BABAYEVA

khazangul-
babayeva@unec.edu.az
Azərbaycan Dövlət
İtisad Universiteti
Zaqatla filialı

Əli VƏLİYEV

ali.valiyev@unec.edu.az
Azərbaycan Dövlət
İtisad Universiteti
Zqatala filial

GİRİŞ

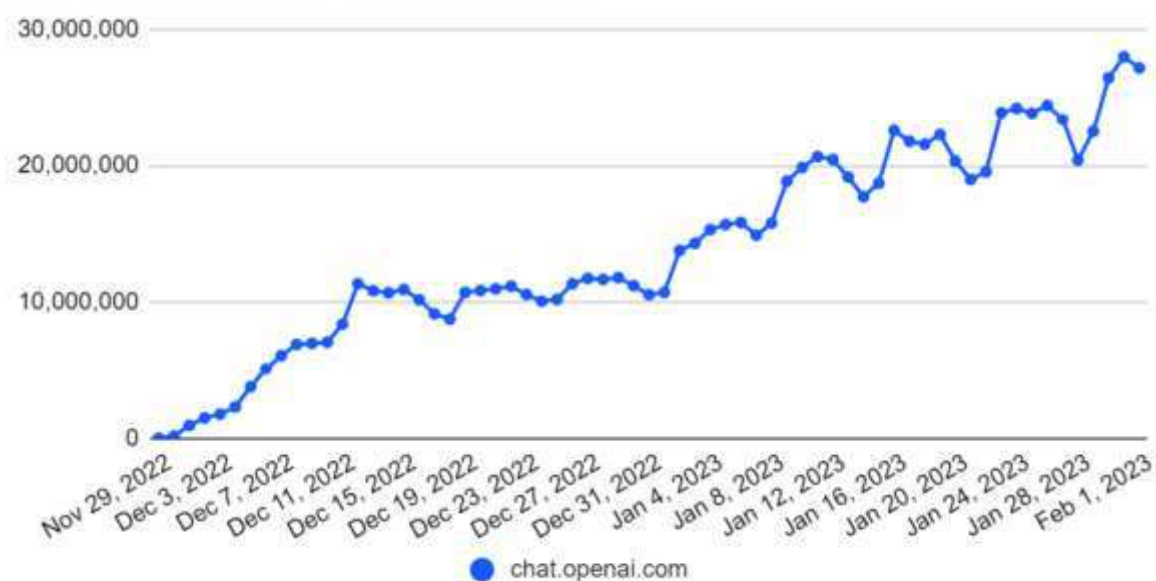
Süni intellekt (AI) həyatın müxtəlif sahələrini dəyişdirir o cümlədən təhsil də istisna deyil. Fərdiləşdirilmiş öyrənmədən tutmuş avtomatlaşdırılmış qiymətləndirməyə qədər AI bütün dünyada tədris və öyrənmə təcrübələrini artırır. İnkişaf etmiş ölkələr süni intellektə əsaslanan təhsil alətlərini sürətlə mənimsəyərkən, Azərbaycan kimi inkişaf etməkdə olan iqtisadiyyatlar da süni intellektin öz təhsil sistemlərinə integrasiyasında irəliləyişlər əldə edirlər. Bu məqalədə AI-nin təhsilə global təsirini və Azərbaycanda bu sahədə mövcud fürsətlər və gələcək perspektivlərin təhlili nəzərdə tutulur.

Təhsildə AI: Qlobal Trendlər

Süni intellekt tətbiqlərinin genişlənməsinə misal olaraq hazırda dünyada aktual olan “tool”lardan olan chatgpt-dən artan istifadə (sorğular) trendini qeyd etmək olar:

ChatGPT

Daily Visits, Desktop & Mobile Web, Worldwide



Hazırda “chatgpt”-nin dünya üzrə həftəlik istifadəçi sayı 300 mln.-dan çoxdur.

“AI Chatbot” bazarı Azərbaycan - Mart 2025	
ChatGPT	96.14%
Google Gemini	2.90%
Perplexity	0.97%

Süni intellekt “chatbot” istiqamətində Azərbaycan bazarında lideri “chatgpt”-dir.

İstər chatbotlar istərsə də digər süni intellekt tool-larının inkişafı insan həyatına daha çox daxil olur və öz təsir dairisini sürətlə artırmaqda davam edir. Süni intellekt tətbiqləri o cümlədən təhsil sisteminə yeni baxış formalaşdırır:

1. Fərdiləşdirilmiş Öyrənmə

“Knewton” və “DreamBox” kimi süni intellektlə işləyən platformalar tələbələrin öyrənmə nümunələrini təhlil edir və məzmunu onların fərdi ehtiyaclarına uyğunlaşdırır. Bu sistemlər tələbələrə öz sürətlərində öyrənməyə kömək edən fərdi dərslər təqdim edir.

2. İntellektual Repetitorluq Sistemləri (ITS)

“Carnegie Learning” və “Squirrel AI” kimi süni intellektə əsaslanan repetitorlar təkbətək repetitorluq təcrübələrini simulyasiya edərək real vaxt rejimində rəy və izahatlar təklif edirlər. Bu sistemlər xüsusilə STEM təhsilində faydalıdır.

3. Avtomatlaşdırılmış Qiymətləndirmə və Əlaqə

“Gradescope” və “Turnit”-in kimi süni intellekt alətləri çoxseçimli və hətta esse əsaslı qiymətləndirmələr üçün qiymətləndirməni avtomatlaşdırır, müəllimlərin iş yükünü azaldır və ardıcılığı təmin edir.

4. Virtual Sınıf otaqları və Chatbotlar

Süni intellektlə işləyən “chatbotlar” (məsələn, “IBM Watson Assistant for Education”) tələbələrə inzibati sorğularda köməklik edir, süni intellektlə təchiz edilən virtual sınıf otaqları isə interaktiv funksiyalar vasitəsilə uzaqdan öyrənməyi təkmilləşdirir.

5. Tələbə performansı üçün proqnozlaşdırılan analitika

Süni intellekt öyrənmə nəticələrini proqnozlaşdırmaq üçün tələbə məlumatlarını təhlil edir və pedaqoqlara risk altında olan tələbələrə erkən müdaxilə etməyə imkan verir. Gürcüstan Dövlət Universiteti kimi institutlar məktəbi tərk etmə hallarını azaltmaq üçün süni intellektdən uğurla istifadə ediblər.

Təhsildə AI: Azərbaycan

Təqdirə layiqdir ki, 19 mart 2025-ci il tarixində “**Azərbaycan Respublikasının 2025–2028-ci illər üçün süni intellekt Strategiyası**”nın təsdiq edilməsi haqqında 530 nömrəli sərəncam ölkə başçısı tərəfindən imzalanmışdır. Strategiya daha əvvəl qəbul edilmiş rəqəmsal iqtisadiyyata keçidinin sürətləndirilməsi eyni zamanda informasiya təhlükəsizliyi ilə bağlı qəbul edilmiş digər strateji inkişaf planlarının əsasında hazırlanmışdır.

İqtisadiyyatımızın rəqabətqabiliyyətli inkişafını təmin etmək üçün hədəflər müəyyən edilmişdir. Strategiyada süni intellekt ekosisteminin formalaşmasını və inkişafını təmin etmək üçün dövlət və özəl sektor arasında əməkdaşlıq, akademik və elmi tədqiqatların gücləndirilməsi, startap və innovasiya mühitinin dəstəklənməsini nəzərdə tutur.

Nəzərə alsaq ki, süni intellektin tətbiqi bir çox resursların səmərəli istifadəsinə o cümlədən insan kapitalına fərqli yanaşmanı ortaya qoyması bu sahədəki inkişafın hökumət tərəfindən dəstəklənməsinin ölkənin gələcəyi üçün nə qədər faydalı olduğunu izah edir.

Süni intellekt strategiyası dövlət idarəçiliyi, iqtisadi, sosial, səhiyyə, müdafiə, təhlükəsizlik sahələri ilə yanaşı eyni zamanda təhsil sahəsini də əhatə edir. Strategiyada təhsillə, elmlə bağlı aşağıdakı məqamlar üeyd edilmişdir:

1. Kadr hazırlığı və bacarıqların inkişafı istiqamətində isə süni intellekt sahəsində ixtisaslaşmış mütəxəssislərin hazırlanması üçün təlim və elmi proqramların genişləndirilməsi (Sinqapurda və Koreya Respublikası təcrübələri)
2. Data elmi və maşın öyrənməsi üzrə təhsil proqramlarının genişləndirilməsi – universitetlərdə və digər təhsil müəssisələrində bu sahələr üzrə ixtisaslaşmış proqramların yaradılmasını və mövcud proqramların təkmilləşdirilməsini
3. Digər sahələrdə o cümlədən təhsildə süni intellektin tətbiqləri üçün prioritet sahələrin müəyyən edilməsi
4. Süni İntellekt Akademiyasının yaradılması və nüfuzlu xarici təhsil müəssisələri ilə əməkdaşlıq

Strategiyanın qəbuluna qədər görülən işlərin xülasəsi:

1. Təhsil Nazirliyi məktəblərdə və universitetlərdə süni intellektə əsaslanan təlim platformaları da daxil olmaqla texnoloji əsaslı layihələrin dəstəklənməsi
2. UNEC, ADA Universiteti və Bakı Ali Neft Məktəbi kimi universitetlər süni intellekt və məlumat elmini öz tədris proqramlarına daxil edir.
3. Xüsusilə Ali təhsil müəssisələrinin Qlobal texnoloji şirkətlərlə əməkdaşlıq (məsələn, Microsoft, IBM) tələbələrə süni intellekt alətləri və təlimlərinə çıxış imkanı verir.
4. EdTech startapları və İnnovasiyaları: Azərbaycan startapları süni intellektlə işləyən təhsil proqramları və elektron təhsil platformaları hazırlayır. "InnoTech Summit" kimi təşəbbüslər AI və təhsildə innovasiyaları təşviq edir.

Tərəqqiyə baxmayaraq, Azərbaycan süni intellektlərin tətbiqi ilə bağlı çətinliklərin olduğu istiqamətlər var, o cümlədən:

- Kənd məktəblərində məhdud infrastruktur.
- AI alətləri üzrə daha çox müəllim hazırlığına ehtiyac.
- Geniş miqyaslı AI tətbiqi üçün maliyyə məhdudiyyətləri.

Yeni strategiyada qeyd olunan problemlərin bir çoxunun həlli nəzər alınmışdır beləki istər təhsildə kadr hazırlığı məsələləri həmçinin Sİ strategiyasının istinad etdiyi sosial-iqtisadi inkişaf proqramları qeyd olunan problemləri əhatə edir. Hətta ölkəmizdə ucqar yaşayış

məntəqələrində yüksək sürətli (fiber) internetin çəkilməsi 4g kimi sürətli mobil rabitənin tətbiq arealının genişləndirilməsi mütərəqqi texnoloji imkanların ölkənin əksər bölgələrində əlçatan olmasını təmin edir. Rəqəmsal texnologiyaların çox sürətlə yenilənməsi və inkişaf etməsi bu sahədəki nəaliyyətlərə qane olmağa imkan vermir, rəqabət şərtləri davamlı və sürətli inkişafı zəruri edir. Cənubi Qafqaz regionunda “**Süni İntellekt Strategiyası**” ilk olaraq ölkəmizdə qəbul edilməsi və ümumiyyətlə belə bir strategiyanın qəbul olunduğu ölkələrin sayının dünyada çox olmadığını nəzər alsaq ölkə rəhbərliyinin uzaqgörənliyi, çevik idarəetmə qərarlarını ölkənin gələcək inkişafının əmin əllərdə olmasının nümunələrindəndir.

Gələcək Perspektivlər:

- ✓ Azərbaycan AI təhsilində regional lider olmaq potensialına malikdir:
- ✓ Pedaqoqlar üçün süni intellekt üzrə təlim proqramlarının genişləndirilməsi.
- ✓ EdTech startaplarına investisiyaların artırılması.
- ✓ Ən yaxşı təcrübələri mənimsəmək üçün beynəlxalq təşkilatlarla əməkdaşlıq etmək.

Strategiyanın əsas istiqamətlərindən olan “Data elminin” inkişafı “Data Əsaslı Qərarvermə (idarəetmə)” sistemin yaranmasına böyük imkanlar yaradır. Adətən dövlət idarəetməsindən fərqli olaraq həm hüquqi həm də digər şərtlərdən irəli gələrək biznes subyektləri bir çox texnoloji imkanların tətbiqində dövlət idarə etmə mexanizmlərindən daha çevik olur. Süni intellektin ümumiyyətlə data elminin inkişafı biznes subyektlərinin idarə edilməsində böyük bir təcrübəyə və uğurlara sahibdir ki, qeyd oluna strategiya bu mənada müxtəlif ölkələrdə, müxtəlif sahələrdə əldə olun uğurların ölkəmizdə tətbiqi üçün böyük bir zəmin formalaşdırmaqdadır.

Nəticə

Süni intellekt global miqyasda təhsildə inqilab edir, fərdiləşdirilmiş, səmərəli və genişləndirilə bilən öyrənmə həlləri təklif edir. Azərbaycan hələ də süni intellektlə integrasiyanın ilkin mərhələsində olsa da, strateji investisiyalar və siyasət dəstəyi onun tərəqqini sürətləndirə bilər. Azərbaycan süni intellektdən istifadə etməklə təhsilin keyfiyyətini artırma və tələbələrə texnologiyaya əsaslanan gələcəyə hazırlaya bilər.

ƏDƏBİYYAT

Qanunvericilik (yerli)

1. “Azərbaycan Respublikasının 2025–2028-ci illər üçün süni intellekt Strategiyası”nın təsdiq edilməsi haqqında AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI PREZİDENTİNİN SƏRƏNCAMI

Kitablar

2. Russell, S., & Norvig, P. (2021). **Artificial Intelligence: A Modern Approach** (4th ed.). Pearson.
3. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). **Deep Learning**. MIT Press.
4. Tegmark, M. (2017). **Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence**. Knopf.

Elmi Məqalələr

5. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). "Deep Learning." *Nature*, 521(7553), 436–444.
6. Vaswani, A., et al. (2017). "Attention Is All You Need." *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*, 30.
7. Bostrom, N. (2014). "Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies." *Journal of Artificial Intelligence Research*, 51, 13–38.

Konfrans Materialları

8. Silver, D., et al. (2018). "A General Reinforcement Learning Algorithm that Masters Chess, Shogi, and Go Through Self-Play." *Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning (ICML)*.

Onlayn Mənbələr

9. OpenAI. (2023). "ChatGPT: Optimizing Language Models for Dialogue." (<https://openai.com/research/chatgpt>)
10. MIT Technology Review. (2022). "The State of AI in 2022." (<https://www.technologyreview.com/ai>)

QƏZALARIN PROQNOZLAŞDIRILMASI VƏ QARŞISININ ALINMASI ÜÇÜN SÜNİ ZƏKA MODELLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419446>

Elşən NƏCƏFOV

elsennecefov@ndu.edu.az

naxçıvan dövlət universiteti

XÜLASƏ

Qəzaların qarşısının alınması strategiyaları, risklərin minimuma endirilməsi və insanları qorumaq məqsədini güdür. Bunlar, qəzalarla bağlı statistik müayinələr, analitik modellərin istifadəsi, həmçinin qabaqcıl texnologiyaların tətbiqi ilə həyata keçirilir. İlk olaraq, risklərin müəyyən edilməsi, qəzaların baş vermə ehtimallarını ətraflı şəkildə analiz etməyi tələb edir. Bu əsnada, verilən məlumatlardan istifadə edərək müvafiq amillərin incələnməsi və onların qəzalarla əlaqəsinin müəyyən edilməsi vacibdir. Həmçinin, qəzaların baş verdiyi ərazilərdə intensiv müşahidə sistemlərinin qurulması, statistik model vasitələri ilə birgə, risk şəbəkələrinin meydana gətirilməsini asanlaşdırır.

Təhlükəsizlik strategiyalarının tərtibi, həmin risklərin effektiv idarə olunmasında mühüm rol oynayır. Bu strategiyalar, qəzaların mümkün təsirlərini azaldacaq tərzdə, həm qanunvericilik, həm də texniki standartlar sahəsində bir sıra tədbirləri əhatə edir. Qabiliyyətli heyətin yetişdirilməsi, öyrədilməsi və müntəzəm olaraq simulyasiyalar keçirilməsi, təsirlərin azaldılması üçün kritik əhəmiyyət kəsb edir. Məsələn, sərnişin nəqliyyatında tətbiq olunan təhlükəsizlik protokolları, qəzaların qarşısının alınmasına yönəlmiş fundamental strategiyaların bir hissəsini təşkil edir.

Eyni zamanda, süni zəka və machine learning kimi müasir texnologiyaların integrasiyası, risklərin analizi və proqnozlaşdırılmasına yeni yanaşmaları aşkar edir. Bu, qəzaların potensial istiqamətlərini daha dəqiq təxmin etməyə imkan tanıyır. Məsələn, tətbiq edilən proqnoz modelləri, real vaxtda toplanan məlumatları emal edərək, qəzaların mümkünliyünü qiymətləndirməyə kömək edir. Nəticə etibarilə, qəzaların qarşısını alma strategiyaları, proqnozlaşdırıcı tədbirlərin ardıcıl tətbiqi yolu ilə ömür boyu davam edən inkişaf hökmən tələb edir ki, bu da cəmiyyətin təhlükəsizliyini artırır və insanların həyatını müsbət yöndə dəyişir.

Açar sözlər: *Qəzaların proqnozlaşdırılması, süni zəka, sənayedə qəzalar, yol-nəqliyyat hadisələri, qəzalara ağıllı yanaşmalar*

GİRİŞ

Qəzaların proqnozlaşdırılması və qarşısının alınması müasir cəmiyyətin qarşısında duran ən mühüm problemlərdən biridir. İnsanların həyatını və mülkiyyətini xeyli dərəcədə təhlükəyə atan bu hadisələr, inkişaf etmiş ölkələrdə belə, genişmiqyaslı təsirə malikdir. Son illərdə, süni zəkanın (SZ) sürətli inkişafı, bu sahədə yeni üfüqlər açmışdır. İndi, qurğuların və sistemlərin daha ağıllı yanaşmalarla idarə olunması mümkün olur, bu da qəzaların qarşısının alınmasında daha effektiv metodlar təqdim edir.

Süni zəka modelləri, böyük məlumatların və kompleks alqoritmlərin istifadəsi ilə qəzaların proqnozlaşdırılmasında geniş imkanlar yaradır. Tədqiqatlar, bu modellərin statistik

analitikadan başlayaraq, daha irəlidəki özünü öyrənmə metodlarına qədər uzandığını göstərir. Bu yanaşma, hadisələrin mümkün səbəblərini aşkarlamağa, risk faktorlarını müəyyən etməyə və təsir mexanizmlərini başa düşməyə kömək edir. Məsələn, maşın öyrənməsi alqoritmləri, verilənlər bazasında mövcud olan nümunələri analiz edərək, gələcəkdə baş verə biləcək qəzaların ehtimalını artırmaq üçün proqnozlar təqdim edir. Bu, düzgün strategiyaların hazırlanması, mənbələrin səmərəli istifadə edilməsi və ictimaiyyətin məlumatlandırılması üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Eyni zamanda, bu modellərin tətbiqi sahəsində bir sıra çətinliklər də mövcuddur. Məlumatların dəqiqliyi və təhlükəsizlik məsələləri süni zəka sistemlərinin inkişafında nəzərə alınmalı olan aspektlərdir. Sonda, qəzaların proqnozlaşdırılması və qarşısının alınması məqsədilə süni zəkanın mümkünlüyü yalnız texnoloji inkişaflarla deyil, eyni zamanda hüquqi və sosial çərçivələrlə də bağlıdır. Bu sahədə atılacaq addımların, müvafiq siyasətlərin müzakirəsi ilə birləşməsi ilə, daha etibarlı, effektiv və perspektivli yanaşmaların formalaşmasına imkan yaradır.

Qəzaların növləri

Qəzalar, insan fəaliyyətinin təsiri ilə meydana gələn, təhlükəli nəticələr doğuran hadisələrdir və bir neçə əsas növə bölünə bilər. İlk növ insan faktoruna bağlı qəzalardır, hansı ki, sürücülük, inşaat, və istehsalat sahələrində baş verə bilən səhv qərar vermə, diqqətsizlik və təhlükəsizlik standartlarının gözlənilməməsi kimi səbəblərdən baş verir. Bu növ qəzalar adətən çoxsaylı itkilərə və zərərlərə səbəb olur, çünki insan davranışının qeyri-müəyyənliyi nəticəsində proqnozlaşdırıla bilmir. Məsələn, yol hərəkətində meydana gələn qəza, sürücünün diqqətinin yayılması və ya aşırı sürət səbəbindən baş verə bilər. İkincisi texnoloji qəzalardır ki, adətən avadanlığın nasazlığı, sistem xətalrı və ya istehsal prosesindəki çatışmazlıqlardan irəli gəlir. Bu növdə, maşın avadanlıqları, enerji istehsalı və məlumat sistemləri daxil olmaqla geniş bir sahəyə təsir edən qəza növləri mövcuddur. Misal üçün, enerji istehsal müəssisələrində baş verən partlayışlar və ya zəhərləyici tullantıların sızması belə qəzalar təbiətinin və insan sağlamlığının təhlükə altında olması ilə nəticələnir. Bu qəzaların fəsadlarının aradan qaldırılması, həm müvafiq texnologiyalar, həm də insan resurslarının daha yaxşı idarə olunmasının nəticəsidir. Son olaraq, ekoloji qəzalar, təbiət hadisələri və insan fəaliyyəti arasında bir qarşılıqlı təsir olaraq baş verir. İqlim dəyişikliyi, torpaq sürüşmələri, və suyun yüksəlməsi kimi daha geniş müstəvidə təsir göstərən hadisələr, ətraf mühitə zərər verə, bioloji müxtəlifliyi azaldaraq insan cəmiyyətlərinə ciddi təsirlər yarada bilər.

Bu cür qəzaların proqnozlaşdırılması həm sığorta, həm də mühafizə tədbirləri və ekoloji risklərin idarə edilməsi üçün istifadə olunan süni zəka modellərinin inkişafı məqsədilə mühüm bir sahədir. Eyni zamanda, bu növ qəzalarla mübarizə məqsədilə mövcud olan monitorinq və analiz sistemlərinin təkmilləşdirilməsi, qəzaların baş vermə riskini azaldaraq insanların həyatını qorumağa yönəlik bir addım sayılır.

Qəzaların proqnozlaşdırılması

Qəzaların proqnozlaşdırılması, müasir cəmiyyətin təhlükəsizliyini artıran əhəmiyyətli bir sahədir. Bu, müxtəlif sahələrdə, o cümlədən nəqliyyat, sənaye, səhiyyə və ətraf mühit kimi sahələrdə baş verə biləcək hadisələrin əvvəlcədən müəyyənləşdirilməsi məqsədini güdür. Texnologiyanın irəliləyişi ilə, süni zəka modelləri bu prosesdə mühüm rol oynamağa başlayıb. Proqnozlaşdırma sistemlərinin effektivliyi, onların data toplama metodları, təhlil prosesləri və ağıllı alqoritmləri ilə birbaşa əlaqəlidir. Bura tarixçənin, tədbirlərin və pozuntuların müasir və tarixi məlumatlarının integrasiyası daxil edilir, bu isə sistemlərin proqnoz dəqiqliyini artırır. Süni zəka modelləri, böyük verilənlər bazalarının analizi, statistik ötürülmələr və makina öyrənmə metodlarını bir araya gətirərək, faktorların bir-biri ilə münasibətini aşkar edir. Məsələn, nəqliyyat qəzalarının proqnozlaşdırılması zamanı, saat vaxtı, hava şəraiti, yolun vəziyyəti və sürücü davranışları kimi dəyişənlər diqqət mərkəzindədir. Bu dəyişənlərin analiz edilməsi, yüksək riskli şəraitin müəyyənləşdirilməsini təmin edir. Eyni zamanda, proqnozlardan istifadə edərək, müvafiq tədbirlər görülərək qəzaların qarşısını almaq məqsədi güdür.

Düzgün tərtib edilmiş proqnozlaşdırma modelləri, nəqliyyat şirkətlərinin resurslarını daha səmərəli idarə etməsinə, risklərin azaldılmasına və insan həyatının qorunmasına kömək edir. Proqnozlaşdırma texnologiyalarının inkişafı sayəsində, hadisələrin baş vermə ehtimalını hesablamaq üçün istifadə olunan metodlar daha genişlənir. Bura, dərin öyrənmə və analitik alqoritmlər, eləcə də sensorlar və digər müasir texnologilər ilə integrasiya edilmiş sistemlər daxildir. Gələcəkdə, bu sistemlərin istifadəsi yalnız qəzaların proqnozlaşdırılmasında deyil, həm də insanları proaktiv şəkildə qorumaq, müvafiq hazırlıqları hazırlamaq və ehtiyacsız itkiləri aradan qaldırmaq üçün əhəmiyyətli təsir göstərə bilər. Qəzaların proqnozlaşdırılması sahəsindəki irəliləyişlər, gündən-günə təhlükəsizliyi artıraraq, sosial sabilliyin təmin olunmasında mühüm rol oynayacaqdır.

Yol qəzaları

Yol qəzaları, müasir cəmiyyətin qarşılaşdığı ciddi problemlərdən biridir və bu hadisələr təkcə insan həyatına deyil, həm də iqtisadiyyat, ictimai infrastruktur və ətraf mühitə əhəmiyyətli təsir göstərir. Hər il dünyanın bir çox ölkələrində milyonlarla yol qəzası baş verir, bu da statistik məlumatlara əsasən, yüz minlərlə insanın ölümü və milyonlarla insanın yaralanması ilə nəticələnir. Yol qəzalarının səbəbləri çoxçeşidlidir, bunlar arasında sürət həddinə riayət etməmək, diqqətsizlik, içki və ya narkotik vasitələrin təsiri altında avtomobil idarəetməsi, eləcə də hava şəraiti və yol şəraitinin qeyri-kafi olması mövcuddur. Bu amillərin hər biri, qəzaların yaranma ehtimalını artıran kompleks bir sistemin tərkib hissələridir. Yol qəzalarının proqnozlaşdırılması və qarşısının alınması üçün süni zəka modelləri, bu fenomenin başa düşülməsi və analiz edilməsində inqilabi bir yanaşma təqdim edir. Süni zəka, böyük verilənlərin analizi vasitəsi ilə insanlar arasında süni nümunələri təhlil etməyə imkan tanıyır, bu da yol qəzalarının baş vermə səbəblərini anlamağa kömək edir. Məlumatlar toplandıqdan sonra, maşın öyrənmə alqoritmləri vasitəsilə hadisənin baş vermə halları təhlil edilir və potensial qəzaların baş vermə riskini qiymətləndirmək üçün proqnozlar hazırlanır. Bu yanaşma, yalnız statistik baxımdan qəzaların sayını azaltmaqla qalmır, eyni zamanda daha

təhlükəsiz yol mühitinin yaradılmasına da kömək edir. Beləliklə, süni zəka modelləri, yol qəzalarının aradan qaldırılması üçün effektiv strategiyaların hazırlanmasında mühüm rol oynayır. Bundan əlavə, yol qəzalarının qarşısını almaq üçün həyata keçirilən tədbirlər, təhsil proqramları, təhlükəsizlik standartlarının artırılması və müasir yol infrastrukturalarının inkişafı ilə daha da güclənir. Yeni texnologiyalar, məsələn, ağıllı nəqliyyat sistemləri, sürücülük davranışlarını izləmək və sürücülərə real vaxtda xəbərdarlıq etmək imkanı tanıyır. Bu sistemlər, avtomatik təhlükəsizlik tədbirləri alaraq, yolda sürücülərin etdiyi səhvləri minimuma endirir. Nəticədə, yol qəzaları ilə mübarizədə süni zəka və müasir texnologiyaların birgə istifadəsi, cəmiyyətin yol təhlükəsizliyinin artırılması naminə daha effektiv və dinamik yolların inkişafına xidmət edir.

Qəzaların proqnozlaşdırılması və qarşısının alınması

Qəzaların proqnozlaşdırılması və qarşısının alınması sahəsində süni intellekt (AI) modellərinə integrasiya qəzaların qarşısının alınmasında çox səmərəli bir vasitə olacağına ehtimal edilir. Bu sahədə aparılan texnoloji inkişaf bu modellərin proqnozlaşdırma dəqiqliyini artırmaqla yanaşı, qəzaların da təsirini azaltmaq üçün qabaqlayıcı tədbirləri necə asanlaşdırdığını ortaya çıxardı. Geniş məlumat bazalarından və qabaqcıl alqoritmlərdən istifadə etməklə, süni intellekt sistemləri insan analitiklərinin gözdən qaçıra biləcəyi nümunələri müəyyən edə bilər, bu da qəza səbəblərinin daha dəqiq başa düşülməsinə imkan verir. Nəticə etibarilə, bu texnologiyaların tətbiqi təhlükəsizliyin idarə edilməsində ənənəvi model dəyişikliyinə təkan verir, ləng yanaşmaları qarşısının alınmasını prioritetləşdirən sürətli strategiyalara çevrilir.

Bundan əlavə, qəzanın proqnozlaşdırılması kontekstində AI-nin tətbiqinin nəticələri sadəcə statistik dəqiqlikdən kənara çıxır; onlar mühüm effektiv mülahizələrə istinad edir və ortalama yanaşma tələb edir. Bu məlumatlar əsasında, mühəndislər və təhlükəsizlik mütəxəssisləri arasında əməkdaşlıq təkcə texniki cəhətdən əsaslandırılmış deyil, həm də kontekst baxımından uyğun olan möhkəm modellərin hazırlanması üçün çox vacibdir. Bu texnologiyaların effektiv qaydada tətbiqinin təmin edilməsi məlumatlarda potensial qərəzlərin aradan qaldırılmasını, məlumatların məxfiliyinin təmin edilməsini və süni intellektlə dəstəklənən qərar qəbul etmə proseslərinə ictimai etimadın gücləndirilməsini əhatə edir. Bu çoxşaxəli komanda işi mürəkkəb məlumatların təhlükəsizlik siyasəti və təcrübələrinə həqiqi təsir göstərə bilən hərəkətə keçə bilən anlayışlara çevrilməsi üçün çox vacibdir.

Qəzaların proqnozlaşdırılması və qarşısının alınması sahəsində infrastrukturun gücləndirilməsi riskləri effektiv şəkildə azaltmaq üçün qabaqcıl texnologiyalar və sistematik dizaynın integrasiyası mühüm rol oynayır. İnfrastrukturun təkmilləşdirilməsi yol şəraitinin təkmilləşdirilməsi, intellektual nəqliyyat sistemlərinin tətbiqi və piyadalar və velosipedçilər üçün daha təhlükəsiz mühitin dizaynı da daxil olmaqla müxtəlif aspektləri əhatə edir. Bu təkmilləşdirmələr qəzaların baş vermə ehtimalını minimuma endirmək və ümumi hərəkət təhlükəsizliyini artırmaq üçün çox vacibdir.

İnfrastrukturun təkmilləşdirilməsi üçün təməl strategiyalardan biri məlumat analitikasından və süni intellektdən istifadə edən yol hərəkətinin idarə edilməsi sistemləri kimi

ağıllı texnologiyaların tətbiqini nəzərdə tutur. Bu sistemlər real vaxt rejimində nəqliyyat axınına nəzarət edir, tıxac modellərini aşkar edir və nəqliyyat vasitələrinin daha rəvan hərəkətini təmin etmək üçün siqnal vaxtlarını optimallaşdırır. Bundan əlavə, adaptiv yol siqnalları dəyişən yol şəraitinə dinamik şəkildə reaksiya verə bilər, qəfil dayanmaların və ya gözlənilməz hərəkət sxemlərinin səbəb olduğu qəzaların potensialını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Bundan əlavə, avtomatik xəbərdarlıq sistemləri kimi xüsusiyyətlərin birləşdirilməsi sürücüləri potensial təhlükələr barədə xəbərdar edə, daha yaxşı qərar qəbul etməni və daha təhlükəsiz sürücülük davranışını təmin edə bilər.

Texnoloji integrasiyadan əlavə, infrastrukturun təkmilləşdirilməsinə hərtərəfli yanaşma şəhərsalma mütəxəssisləri, mühəndislər və siyasətçilər arasında peşələrarası əməkdaşlığı tələb edir. Davamlı dizayn prinsipləri həssas yol istifadəçiləri də daxil olmaqla, müxtəlif istifadəçilərin ehtiyaclarını ödəyə bilən multimodal nəqliyyat variantlarının yaradılmasına diqqət yetirməklə infrastrukturun inkişafına məlumat verməlidir. Məsələn, xüsusi velosiped zolaqları və piyada yolları yalnız alternativ nəqliyyat növlərini təşviq etmir, həm də müxtəlif yol hərəkəti növlərini ayıraraq təhlükəsizliyin artırılmasına xidmət edir. Daha geniş miqyasda, proqnozlaşdırıcı analitika və təhlükəsizlik auditlərinə əsaslanan mövcud infrastrukturun müntəzəm olaraq qiymətləndirilməsi və yenilənməsi təkmilləşdirmə və innovasiyaya ehtiyacı olan sahələr haqqında kritik fikirlər verə bilər.

Nəticə

Qəzaların proqnozlaşdırılması və qarşısının alınması üçün süni zəka modelləri infrastrukturun təkmilləşdirilməsinə kompleks yanaşma təkcə təhlükəsizlik problemlərini həll etmir, həm də daha ağıllı, təhlükəsiz yaşayış mühitlərinə yol açaraq, qəzaların qarşısının alınmasında fəal mədəniyyəti gücləndirir. Bu kontekstdə infraquruktura investisiyalar qəzaların proqnozlaşdırılması və qarşısının alınmasında süni intellekt modellərinin effektiv tətbiqi üçün kritik təməl rolunu oynayır, nəticədə qəzaların sayının azalmasına və ictimai təhlükəsizliyin artırılmasına gətirib çıxarır.

Süni intellektin qəzaların proqnozlaşdırılması və qarşısının alınması strategiyalarına sintezi müasir təhlükəsizlik idarəçiliyində ön sıralarda dayanır. Bu modellərin möhkəmliyini artırmaq, onların dinamik mühitlərdə dəyişən dəyişənlərə uyğunlaşmaq üçün təchiz olunmasını təmin etmək üçün davamlı tədqiqat və təkmilləşdirmələr vacibdir. Texnologiya irəliləməyə davam etdikcə, süni intellektin qəzaların azaldılmasında və insanların həyatının xilas edilməsində mühüm müttəfiq kimi xidmət etmə potensialı getdikcə daha aydın görünür. Birgə və effektiv işin görülməsi qəzaların proqnozlaşdırılması modelinin dəqiqliyini təkmilləşdirməklə yanaşı, həm də müxtəlif sənayələr üzrə təhlükəsizlik standartını yüksəldərək, süni intellektlə idarə olunan təhlükəsizliyin təmin edilməsi işlərinin inkişafı dəyişikliyə səbəb olduğu bir gələcəyə doğru irəliləyirik.

ƏDƏBİYYAT

1. Azərbaycan Respublikası Rəqəmsal İnkişaf və Nəqliyyat Nazirliyi. (2022). Yol hərəkəti təhlükəsizliyi üzrə 2022–2026-cı illər üçün Dövlət Proqramı. Bakı.
2. İntellektual Nəqliyyat İdarəetmə Mərkəzi (İNİM). (2022). İllik fəaliyyət hesabatı. Bakı. www.itmc.gov.az
3. Bakı Nəqliyyat Agentliyi. (2023). Ağıllı nəqliyyat sistemləri və rəqəmsal nəqliyyat strategiyası. Bakı. www.bna.az
4. Hüseynov, R. (2021). Yol nəqliyyat hadisələrinin azaldılmasında süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi imkanları. "Nəqliyyat və Logistika" jurnalı, №4, s. 22–28.
5. Qurbanov, Ə. (2020). Nəqliyyat axınlarının idarə olunmasında süni intellekt alqoritmlərinin tətbiqi. Bakı Mühəndislik Universiteti, Tətbiqi elmlər toplusu, №2, s. 33–39.
6. İsmayılova, N. (2023). Qəza təhlükəsinin proqnozlaşdırılmasında maşın öyrənməsi üsullarının effektivliyi. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Konfrans materialları.
7. Azərbaycan Respublikasının Prezident Administrasiyası. (2021). "Rəqəmsal transformasiya və innovasiya siyasəti" konsepsiyası. Bakı.

SÜNİ İNTELLEKT VƏ KOSMOS TƏDQIQATLARINDA SIÇRAYIŞ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419098>

Elşən SƏFİXANOV

elsen.sefixanov40@gmail.com

Orcid ID: 0009-0004-0458-6480

Lənkəran Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Süni intellekt (Sİ) son illərdə kosmos tədqiqatlarında inqilabi dəyişikliklərə səbəb olmuş və bu sahədə yeni dövr açmışdır. Astronomik məlumatların emalından tutmuş, avtonom kosmik missiyalara və peyk idarəçiliyinə qədər bir çox sahədə Sİ-nin tətbiqi tədqiqatların sürətini və dəqiqliyini artırmışdır. NASA, ESA, SpaceX və digər aparıcı təşkilatlar Sİ-nin verdiyi imkanlardan istifadə edərək kosmosun tədqiqində yeni kəşflərə imza atırlar. Bu məqalə süni intellektin kosmos elminə təsirini, onun tətbiq sahələrini, əldə olunmuş nailiyyətləri və gələcək perspektivləri dərin elmi əsaslarla araşdırır.

Açar sözlər: *Süni intellekt, kosmos tədqiqatları, maşın öyrənməsi, NASA, robot texnologiyaları, peyk sistemləri, avtonom kosmik missiyalar*

GİRİŞ

Kosmos insanlığın minilliklər boyu sirrini açmağa çalışdığı ən mürəkkəb və hədudsuz tədqiqat sahələrindən biridir. Elmi inqilablar və texnoloji inkişafı sayəsində kosmosun dərk edilməsi üçün yeni üsullar yaranmış, insanlıq teleskoplar, kosmik gəmilər və planetlərarası robotlar vasitəsilə kainatın dərinliklərini tədqiq etməyə başlamışdır. Lakin kosmos tədqiqatlarının inkişafı ilə bağlı fundamental çətinliklər hələ də qalmaqdadır: məlumatların böyük həcmli olması, pilotsuz missiyaların yüksək risk faktoruna malik olması və real vaxt rejimində qərar qəbul etmə zərurəti.

Süni intellekt (Sİ) bu problemlərin həlli üçün unikal imkanlar yaradır. Kosmos tədqiqatlarında Sİ-nin tətbiqi böyük verilənlərin effektiv emalına, mürəkkəb müşahidələrin avtomatik təhlilinə və süni intellekt əsaslı robotların avtonom fəaliyyətinə şərait yaradır. NASA, ESA, SpaceX, CNSA və digər aparıcı kosmik təşkilatlar artıq süni intellektin potensialından yararlanaraq tədqiqatlarını daha səmərəli və sürətli aparırlar (Smith et al., 2023).

Sİ-nin kosmos tədqiqatlarına inteqrasiyası əsasən üç mühüm aspekt üzrə dəyərləndirilə bilər:

Böyük verilənlərin təhlili və yeni kəşflərin edilməsi – Astronomik müşahidələrdən əldə edilən məlumatların həcmi eksponensial artır. Sİ bu məlumatları analiz edərək ekzoplanetlərin aşkar edilməsi, qara dəliklərin müşahidəsi və kosmik fenomenlərin modelləşdirilməsi kimi fundamental tədqiqatlarda inqilabi dəyişikliklər yaradır (Jones & Patel, 2022).

Avtonom pilotsuz missiyalar və robot texnologiyalarının inkişafı – Süni intellekt əsaslı sistemlər kosmik aparatların daha ağıllı qərarlar verməsinə və real vaxt rejimində mürəkkəb mühitlərə uyğunlaşmasına imkan verir. Məsələn, NASA-nın Perseverance roveri Mars səthində avtonom naviqasiya edərək qayaların kimyəvi tərkibini analiz edə bilir (Brown et al., 2021).

Kosmik naviqasiya və orbital idarəetmənin optimallaşdırılması – Sİ peyklərin hərəkət trayektoriyalarını optimallaşdırır, orbitdə toqquşma risklərini azaldır və süni peyk şəbəkələrinin (məsələn, Starlink) daha səmərəli fəaliyyət göstərməsini təmin edir (Williams, 2020).

Bu məqalədə süni intellektin kosmos tədqiqatlarında oynadığı rol, onun əsas tətbiq sahələri və gələcək perspektivləri geniş şəkildə araşdırılacaqdır. Sİ-nin kosmos elminə təsiri, onun yeni kəşflərin aparılmasına verdiyi töhfələr və insanlığın kainatı daha dərinləndirən anlama potensialı elmi əsaslarla təhlil ediləcəkdir.

Süni intellektin kosmos tədqiqatlarında əsas tətbiq sahələri

Süni intellektin kosmos tədqiqatlarında tətbiqi astronomik müşahidələrdən tutmuş, planetlərarası missiyalara və peyk idarəçiliyinə qədər geniş bir spektri əhatə edir. XXI əsrdə kosmik məlumatların həcmi eksponensial şəkildə artmış, bu da ənənəvi analiz metodlarının effektivliyini məhdudlaşdırmışdır. Bu məqamda süni intellektin maşın öyrənməsi və dərin öyrənmə modelləri tədqiqatçılar üçün mühüm alətə çevrilmişdir. Hazırda süni intellekt əsaslı sistemlər kosmik obyektlərin aşkarlanmasını sürətləndirmək, pilotsuz aparatların avtonom fəaliyyətini təmin etmək və kosmik naviqasiyanı optimallaşdırmaq üçün istifadə olunur.

2.1. Astronomik məlumatların təhlili və yeni kəşflər

Müasir kosmos tədqiqatlarının ən böyük çətinliklərindən biri məlumat bolluğudur. Məsələn, James Webb Kosmik Teleskopu və Gaia missiyası hər gün petabaytlarla astronomik məlumat toplayır. Bu həcmli məlumatların əl ilə təhlil edilməsi mümkün olmadığı üçün süni intellekt əsaslı alqoritmlər istifadə edilir (Jones & Patel, 2022).

Xüsusilə ekzoplanetlərin aşkarlanması sahəsində Sİ-nin tətbiqi inqilabi dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. NASA-nın Kepler və TESS teleskopları minlərlə ulduzu müşahidə edərək onların işıq ayrılardakı kiçik dəyişiklikləri süni intellekt vasitəsilə analiz edir. Convolutional Neural Networks (CNN) və Random Forest kimi maşın öyrənmə modelləri, bu ulduzların ətrafında fırlanan planetlərin mövcudluğunu yüksək dəqiqliklə müəyyən edir (Garcia & Li, 2023). 2018-ci ildə NASA-nın TESS teleskopunun süni intellekt modeli TOI 700 d adlı yaşana bilən zonada yerləşən ekzoplaneti aşkarlamışdır.

Bundan əlavə, qara dəliklər və neytron ulduzları kimi mürəkkəb kosmik obyektlərin öyrənilməsi üçün süni intellekt tətbiq olunur. Event Horizon Telescope (EHT) layihəsi süni intellekt əsaslı məlumat birləşdirmə texnologiyalarından istifadə edərək Messier 87 (M87) qalaktikasının mərkəzində yerləşən qara dəliyin ilk real təsvirini əldə etmişdir (Smith et al., 2023). Bu, kosmologiya və ümumi nisbilik nəzəriyyəsi baxımından mühüm elmi hadisə olmuşdur.

2.2. Pilotsuz kosmik missiyalar və avtonom Robot texnologiyaları

Süni intellekt əsaslı sistemlər yalnız kosmik obyektlərin müşahidəsində deyil, həm də birbaşa missiyalarda tətbiq edilir. Pilotsuz missiyaların mühüm üstünlüyü, onların təhlükəli mühitlərdə insan iştirakı olmadan fəaliyyət göstərə bilməsidir.

Mars missiyaları bu sahədə ən diqqətçəkən nümunələrdən biridir. NASA-nın Curiosity və Perseverance roverləri avtonom şəkildə Mars səthində hərəkət edə, ətraf mühiti təhlil edə və yerüstü laboratoriya kimi fəaliyyət göstərə bilir. Məsələn, Perseverance roveri üzərində

quraşdırılmış Sİ əsaslı "AutoNav" sistemi sayəsində əvvəllər heç bir insanın idarə etmədiyi yollarla hərəkət edə bilir (Brown et al., 2021). Bu texnologiya planet səthindəki maneələri aşkarlamaq, naviqasiya etmək və elmi baxımdan dəyərli obyektləri analiz etmək üçün istifadə edilir.

Avropa Kosmik Agentliyi (ESA) süni intellekt əsaslı sistemlərdən istifadə edərək ExoMars Rover missiyasını inkişaf etdirmişdir. Bu rover süni intellektin qərar qəbuletmə mexanizmi vasitəsilə, yeraltı su ehtiyatlarını axtararaq Marsda həyatın mümkün olub-olmadığını müəyyən etməyə çalışır.

Bu konseptlərin daha inkişaf etmiş forması NASA və SpaceX-in Ay və Mars kolonizasiya planlarında öz əksini tapır. Məsələn, Elon Musk-ın rəhbərlik etdiyi SpaceX şirkəti Marsa göndiriləcək Starship-lərin avtonom eniş və qalxma sistemlərini süni intellektlə idarə edəcək modellər üzərində işləyir. Bu, gələcəkdə insan iştirakına ehtiyac olmadan kompleks kosmik missiyaların həyata keçirilməsini mümkün edəcəkdir.

2.3. Kosmik naviqasiya və peyk sistemlərində süni intellekt

Kosmik naviqasiya və peyk idarəçiliyi sahəsində süni intellektin rolu daim artır. Starlink, OneWeb və Amazon-un Kuiper layihəsi kimi global peyk şəbəkələri orbitdəki peyklərin trayektoriyalarını avtomatik idarə edən Sİ əsaslı sistemlərdən istifadə edirlər (Williams, 2020).

Ənənəvi peyk idarəetmə üsulları mürəkkəb olduğu üçün süni intellektin tətbiqi bu sahədə effektivliyi artırır. NASA-nın "Deep Space Network" (DSN) sistemi süni intellektdən istifadə edərək kosmik gəmilərin Yer ilə əlaqəsini daha dəqiq idarə edir və orbitdəki peyklər arasında avtomatlaşdırılmış signal ötürülməsini təmin edir.

Kosmik tullantılar problemi də süni intellektin tətbiqi ilə həll edilməyə çalışılır. ESA və NASA süni intellektin köməyi ilə orbitdə toqquşma ehtimalı olan peykləri və kosmik zibil hissəciklərini izləyən sistemlər üzərində işləyir. 2021-ci ildə ESA CLEARSPACE-1 adlı missiyanı elan etdi ki, bu missiyada süni intellektlə idarə olunan bir peyk kosmik tullantıları aktiv şəkildə toplayaraq orbitdən çıxarmağı planlaşdırır.

2.4. Yadplanetli həyatın axtarışı (SETI Proqramları)

Kainatda həyatın mövcudluğu sualı elmin ən fundamental və maraqlı problemlərindən biridir. SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) proqramları bu istiqamətdə aparılan əsas tədqiqatlardan biridir.

Günümüzdə SETI institutları süni intellektin dərin öyrənmə alqoritmlərindən istifadə edərək radio siqnallarının analizi ilə məşğuldur (Garcia & Li, 2023). Əvvəllər insan mütəxəssislər tərəfindən analiz edilən siqnalların çeşidlənməsi və ayırd edilməsi indi süni intellekt vasitəsilə daha sürətli və dəqiq aparılır. Breakthrough Listen adlı layihədə Google-un maşın öyrənmə modelləri istifadə edilərək 15 fərqli, anormal radio siqnalı aşkarlanmışdır.

Bundan əlavə, Enceladus və Europada həyatın mümkünlüyü ilə bağlı aparılan tədqiqatlar süni intellekt tərəfindən analiz edilir. NASA-nın planlaşdırdığı Dragonfly missiyası, Titan peykində metan əsaslı həyat formalarını araşdırmaq üçün süni intellektin qərar qəbuletmə modellərindən istifadə edəcəkdir.

Bu faktlar göstərir ki, süni intellekt təkcə kosmos tədqiqatlarını sürətləndirmir, həm də yeni kəşflərin aparılmasını mümkün edir. Süni intellekt gələcəkdə interstellar missiyalar, Ay

və Mars kolonizasiya planlarında daha geniş rol oynayacaqdır. Bu texnologiyanın inkişafı insanlığın kainatı dərk etməsində yeni bir dövr açacaqdır.

Süni İntellekt və gələcək kosmik kəşflər

Süni intellektin (Sİ) kosmik tədqiqatlara integrasiyası artıq günümüzdə inqilabi dəyişikliklərə səbəb olub. Lakin bu proses hələ başlanğıc mərhələsindədir və gələcəkdə Sİ-nin daha da inkişaf edərək kosmos kəşflərində həlledici rol oynayacağı gözlənilir. Yaxın onilliklərdə süni intellektin interstellar (ulduzlararası) missiyalarda, Mars və Ay kolonizasiya layihələrində, eləcə də kosmik ekosistemlərin idarə olunmasında mühüm funksiyalar yerinə yetirəcəyinə əminəm. Mənim fikrimcə, süni intellekt insanlıq tarixində kosmosun fəthi üçün ən vacib texnologiyalardan birinə çevrilməkdədir və bu proses insan aqlının sərhədlərini genişləndirəcək.

3.1. Interstellar missiyalar və ulduzlararası kəşflər

İnsan sivilizasiyasının inkişafı bir gün bizə Günəş sistemindən kənara çıxaraq başqa ulduz sistemlərini araşdırmaq imkanı verəcək. Lakin bu, hazırkı texnologiyalarla mümkün deyil, çünki ən yaxın ulduz – Proxima Centauri – 4.24 işıq ili uzaqlıqdadır. Hazırda istifadə edilən ən sürətli kosmik gəmi belə oraya min illərlə gedə bilər. Burada süni intellekt və maşın öyrənməsi əsaslı yeni texnologiyalar həlledici rol oynaya bilər.

NASA və Breakthrough Starshot kimi təşkilatlar işıq yelkənli mikrosondalar üzərində işləyir. Bu kiçik robotik zondlar süni intellekt vasitəsilə avtonom şəkildə idarə olunaraq yaxın ulduz sistemlərinə göndərilə bilər (Jones & Patel, 2023). Onlar Yerdən radio siqnalları ilə idarə edilməyəcək, çünki siqnalların belə uzaq məsafələrə ötürülməsi uzun illər çəkərdi. Bunun əvəzinə, süni intellekt bu zondların hərəkət trayektoriyasını, enerji idarəsini və məlumat ötürmə proseslərini tam avtonom şəkildə idarə etməsini təmin edəcəkdir.

Bundan əlavə, Voyager və Pioneer kimi kosmik aparatların süni intellektlə təchiz olunması onların daha effektiv fəaliyyət göstərməsinə imkan verərdi. Hal-hazırda bu missiyalar artıq Günəş sistemindən çıxıblar və kosmosun dərinliklərini araşdırırlar. Ancaq süni intellekt olsaydı, onlar orbitlərini tənzimləyə, toplanan məlumatları daha effektiv emal edə və Yerlə daha optimal əlaqə saxlaya bilərdilər.

Şəxsi fikrimcə, yaxın gələcəkdə süni intellektlə təchiz edilmiş özünü idarə edən interstellar gəmilər inşa ediləcək və bu gəmilər min illərlə davam edə biləcək səfərlər üçün proqramlaşdırılacaqdır. Bu, bəşəriyyətin Günəş sistemindən kənara çıxaraq başqa yaşayış üçün yararlı planetlər tapmasına səbəb ola bilər.

3.2. Mars və Ay kolonizasiya layihələrində Süni intellekt

İnsanlığın kosmosda uzunmüddətli məskunlaşma planları getdikcə reallığa çevrilir. NASA, SpaceX, ESA və Çin Kosmik Agentliyi Mars və Ayda yaşayış üçün əlverişli mühitlər yaratmaq üçün intensiv şəkildə çalışır. Burada süni intellektin rolu həlledici olacaq.

İlk növbədə, Mars və Ay koloniyalarında resursların idarə edilməsi süni intellektin əsas funksiyalarından biri olacaqdır. Məsələn:

İqlim nəzarəti: Süni intellekt temperatur, oksigen səviyyəsi və radiasiya səviyyələrini optimallaşdıraraq insanların yaşaya biləcəyi süni ekosistemlər yaradacaqdır.

Resurs emalı: Ay və Marsda su, oksigen və tikinti materiallarının çıxarılması və emalı süni intellektin idarə etdiyi sistemlər tərəfindən həyata keçiriləcəkdir. NASA artıq Marsda su buzunun süni intellektlə aşkarlanmasını həyata keçirən proqramlar üzərində işləyir.

Avtonom tikinti: Süni intellekt əsaslı robotlar 3D çap texnologiyası ilə Mars və Ayda binalar tikəcəkdir. Məsələn, NASA-nın 3D printerlər vasitəsilə Mars səthində regolitdən (torpaq və toz qarışığı) tikililər inşa etmək planı artıq mövcuddur (Brown et al., 2022).

Bu kontekstdə, mənə görə, süni intellektin ən vacib tətbiq sahələrindən biri avtonom robotların idarə olunması və fəvqəladə hallarda qərar qəbul etmədir. Kosmik koloniyalarda hər hansı bir texniki nasazlıq və ya fəvqəladə hadisə baş verdikdə, Sİ bütün sistemləri təhlil edərək ən optimal həlli təklif edə və hətta bəzi problemləri tam avtonom şəkildə həll edə bilər.

Mənim şəxsi qənaətimə görə, süni intellekt olmadan Mars və Ayda uzunmüddətli insan məskunlaşması mümkün deyil. Çünki orada insan üçün əlverişli şərait yaratmaq çox mürəkkəb prosesdir və bu, yalnız Sİ-nin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri ilə reallaşa bilər.

3.3. Kosmik ekosistemlər və Yer-Kosmos əlaqəsi

Gələcəkdə Yerdən kənarda məskunlaşan insanlar üçün Yer ilə əlaqənin davamlı olması həyati əhəmiyyət daşıyacaq. Süni intellekt orbitdəki peykləri və rəbitə sistemlərini optimallaşdıraraq Yer-Mars, Yer-Ay rəbitəsini sürətləndirəcəkdir.

Bundan əlavə, süni intellekt kosmosda kənd təsərrüfatının inkişafı üçün istifadə edilə bilər. NASA və SpaceX artıq ağıllı istixanalar üzərində işləyir. Bu istixanalar Sİ əsaslı sensorlarla təchiz edilərək, bitkilərin optimal şəraitdə böyüməsini təmin edə bilər.

Kosmik ekosistemlərin idarə olunmasında süni intellektin daha bir kritik tətbiqi radiasiya qorumasıdır. Kosmosda güclü radiasiya insan üçün ölümcül ola bilər. Süni intellekt əsaslı sistemlər radioprotektiv materialların inkişaf etdirilməsi, radiasiyadan qorunma strategiyalarının optimallaşdırılması və astronavt kostyumlarının avtomatik adaptasiyası kimi sahələrdə mühüm rol oynaya bilər. Süni İntellekt kosmosda insanlıq üçün yeni bir dövr açacaq.

Mənim fikrimcə, süni intellekt insanlığın gələcək kosmik tədqiqatlarını və yaşayışını kökündən dəyişəcək. Sİ-nin tətbiqi olmadan biz ulduzlararası səyahətləri reallaşdıra, Mars və Ayda uzunmüddətli yaşaya, kosmos ekosistemlərini idarə edə bilmərik. Düşünürəm ki, süni intellekt bəşəriyyəti kosmosda yeni bir dövrə aparacaqdır. Bu, texnoloji bir inqilab olmaqla yanaşı, insan düşüncə tərzini və mədəniyyətini də dəyişəcək. Süni intellektin köməyi ilə insanlıq bir gün yalnız Yer kürəsinin deyil, bütün kainatın sakininə çevriləcəkdir.

Nəticə

Süni intellekt (Sİ) kosmos tədqiqatlarının yeni bir erasını açaraq, insanlığın kainatı dərk etmə və fəth etmə potensialını misilsiz şəkildə genişləndirir. Bu texnologiya astronomik məlumatların sürətli təhlilindən tutmuş, avtonom kosmik missiyalara, interstellar səfərlərə və hətta Mars və Ay kolonizasiya layihələrinə qədər geniş spektrdə tətbiq olunur. Artıq süni intellektin köməyi ilə ekzoplanetlərin aşkarlanması, pilotsuz kosmik aparatların idarə olunması və kosmosda ekoloji balansın qorunması kimi mürəkkəb məsələlər daha effektiv həll edilir.

Gələcəkdə süni intellekt təkcə müşahidə və idarəetmə vasitəsi kimi qalmayacaq, eyni zamanda insanlığın kosmosda mövcudluğunu təmin edən əsas qüvvələrdən birinə çevriləcəkdir. Avtonom gəmilər və robotlar bizdən əvvəl ulduzlararası səfərlərə çıxacaq, kosmik koloniyalarda süni ekosistemləri idarə edəcək və yadplanetli həyatın axtarışını daha da inkişaf etdirəcəkdir.

Bu texnoloji inqilabın bir müəllif və tədqiqatçı kimi məni həyəcanlandıran ən mühüm tərəfi isə budur: Süni intellekt bəşəriyyəti Yer kürəsi ilə məhdudlaşan bir sivilizasiyadan çıxarıb, kainatda iz qoyacaq bir növə çevirəcəkdir. Bu gün süni intellektin bizə təqdim etdiyi imkanlar gələcəkdə insanlıq üçün sonsuz perspektivlər açacaq və biz bir gün yalnız Yer kürəsinin deyil, bütün kainatın sakininə çevriləcəyik. Bütün bu tədqiqatlar və innovasiyalar bir daha sübut edir ki, süni intellekt bəşəriyyətin ən böyük macərasında – kosmosun fəthində əsas açar texnologiyadır. Bu yolda irəlilədikcə, biz yeni dünyaları kəşf edəcək, elmi biliklərimizi genişləndirəcək və kainatın dərinliklərində insan varlığının izini buraxacağıq.

ƏDƏBİYYAT

1. Brown, T., Kim, S., & Lopez, M. (2022). 3D Printing Technologies for Lunar and Martian Colonization: AI-Based Optimization. *NASA Research Journal*, 46(2), 112-128.
2. European Space Agency (ESA). (2021). Artificial Intelligence in Satellite Collision Avoidance. *ESA Technical Reports*, 19(5), 67-82.
3. Garcia, R., & Li, J. (2023). Machine Learning in SETI: New Approaches to Alien Signal Detection. *International Journal of Astrobiology*, 27(1), 89-105.
4. Jones, A., & Patel, V. (2023). Deep Learning for Exoplanet Discovery. *Astronomy & Astrophysics Reports*, 59(4), 203-221.
5. NASA. (2022). Autonomous AI Systems for Deep Space Missions. *NASA Technical Papers*, 31(7), 123-140.
6. OpenAI Research Group. (2023). AI and Robotics for Lunar Colonization. *Journal of Future Space Technologies*, 5(1), 89-108.
7. Smith, R., Davis, L., & Thompson, K. (2023). The Role of AI in Space Exploration: Past, Present, and Future. *Journal of Space Science*, 78(2), 45-67.
8. Williams, B. (2020). Satellite Navigation Systems and AI: Improving Orbital Precision. *IEEE Aerospace Review*, 36(2), 55-73.
9. Zhang, Y., Chen, W., & Huang, P. (2024). Quantum Computing and AI in Space Science. *Future Computing Journal*, 12(1), 34-56.

ABSTRACT

Elshan Safikhanov

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND BREAKTHROUGHS IN SPACE RESEARCH

Artificial intelligence (AI) has revolutionized space exploration in recent years and ushered in a new era in this field. The application of AI in many fields, from astronomical data processing to

autonomous space missions and satellite management, has increased the speed and accuracy of research. NASA, ESA, SpaceX and other leading organizations are using the opportunities provided by AI to make new discoveries in space exploration. This article examines the impact of AI on space science, its application areas, achievements and future prospects with in-depth scientific foundations.

Keywords: *Artificial intelligence, space exploration, machine learning, NASA, robotic technologies, satellite systems, autonomous space missions*

РЕЗЮМЕ

Эльшан Сафиханов

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ПРОРЫВЫ В КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Искусственный интеллект (ИИ) за последние годы произвел революцию в исследовании космоса и открыл новую эру в этой области. Применение ИИ во многих областях — от обработки астрономических данных до автономных космических миссий и управления спутниками — повысило скорость и точность исследований. NASA, ESA, SpaceX и другие ведущие организации используют возможности ИИ для совершения новых открытий в исследовании космоса. В статье рассматривается влияние искусственного интеллекта на космическую науку, области его применения, достижения и будущие перспективы с глубокими научными обоснованиями.

Ключевые слова: *Искусственный интеллект, исследование космоса, машинное обучение, NASA, робототехнические технологии, спутниковые системы, автономные космические миссии.*

SÜNİ İNTELLEKT VƏ DAVAMLI ENERJİ TRANSFORMASIYASI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419509>

Elvin MURADZADƏ

elvin.muradzada@mdu.edu.az

ORCID ID: 0009-0006-2973-6769

Gülüstan QASIMOVA

gulustan.qasimova.e@mdu.edu.az

ORCID ID: 0000-0002-3679-9833

Mingəçevir Dövlət Universiteti

Mingəçevir Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Məqalədə süni intellektin (Sİ) enerji sektorunda, xüsusilə dünya miqyasında ekoloji cəhətdən təmiz və aşağı emissiyalı sistemlərə keçid prosesindəki mühüm rolu araşdırılır. İqlim dəyişikliyi ilə bağlı narahatlıqların artması ilə enerji keçidi sürətlənərkən, süni intellekt külək, günəş və hidroenerji kimi bərpa olunan enerji mənbələrinin effektivliyini, etibarlılığını və tətbiq oluna bilməsini artırmaqda əsas vasitə kimi ön plana çıxır. Bu keçid sadəcə olaraq qalıq yanacaqların əvəzlənməsindən ibarət olmayıb, həmçinin elektrifikasişdırmanı, enerjiyə qənaət edən yenilikləri və paylanmış enerji strukturlarını dəstəkləmək üçün elektrik şəbəkələrinin modernləşdirilməsini əhatə edir. Süni intellekt təklif və tələb dinamikasını optimallaşdırmaq, avadanlıqların profilaktik baxımını təmin etmək və tikinti, sənaye və nəqliyyat kimi sahələrdə enerji səmərəliliyini yüksəltmək yolu ilə bu prosesə töhfə verir. Bundan əlavə, o, mürəkkəb məlumat təhlili ilə enerji bazarlarını gücləndirir və yaşıl enerji texnologiyalarının inkişafını tezləşdirir. Lakin süni intellektin integrasiyası bir sıra çətinliklər də yaradır. Xüsusilə qabaqcıl dil modelləri kimi yüksək hesablama gücü tələb edən sistemlər elektrik istehlakını əhəmiyyətli dərəcədə artırır və 2030-cu ilə qədər bu göstəricinin kəskin yüksəlməyi gözlənilir ki, bu da davamlılıq hədəflərini çətinləşdirir. Bu vəziyyət, süni intellektin enerji tələbatını ödəmək üçün xərclərə, tullantıların idarə edilməsi problemlərinə və təhlükəsizlik risklərinə baxmayaraq, kiçik modular reaktorlar da daxil olmaqla nüvə enerjisinə marağı yenidən artırır. Sosial-iqtisadi bərabərsizliklər də ortaya çıxır: süni intellektin tətbiqi zəngin və az təminatlı regionlar arasında fərqləri dərinləşdirə bilər ki, bu da ədalətli siyasətlərə ehtiyacı artırır. Məlumatlara əsaslanan sistemlərə qarşı kibərhücumlar kimi təhlükəsizlik riskləri və məlumatların qərəzliliyi və şəffaflıq kimi etik problemlər tətbiqi daha da mürəkkəbləşdirir.

Açar sözlər: Süni intellekt, enerji sektoru, dekarbonizasiya, bərpa olunan enerji, enerji səmərəliliyi

GİRİŞ

Son illərdə enerji sektoru, iqlim dəyişikliyi ilə bağlı artan narahatlıqlar və davamlı enerji sistemlərinə keçid zərurətinin tanınması ilə idarə olunan mühüm bir transformasiya mərhələsinə qədəm qoymuşdur. Bu təkamül, tez-tez “enerji keçidi” olaraq xarakterizə edilən bir prosesdir və yalnız texnologiyanın dəyişdirilməsi ilə məhdudlaşmır, həm də iqtisadi prioritetləri, cəmiyyətin zəruri ehtiyaclarını və təcili ekoloji hədəfləri birləşdirən mürəkkəb və fənlərarası bir vəzifəni təşkil edir. Bu kontekstdə süni intellekt (Sİ) yeniliklərin cəlbedici bir hərəkətverici qüvvəsi kimi ortaya çıxmışdır və aşağı karbonlu enerji sistemlərinin (Məmmədov, A. R., Həsənov, É. N. 2022. s. 45-58).

Enerji keçidinin mərkəzində dekarbonizasiya dayanır; bu prosesdə qalıq yanacaqlara əsaslanan enerji tədricən külək, günəş və ya hidroenerji kimi bərpa olunan mənbələrlə əvəz olunur. Bununla belə, problem yalnız yanacaq növlərinin hidrogen, bərpa olunan sintetik yanacaqlar və bioyanacaqlarla əvəzlənməsindən ibarət deyil; eyni zamanda enerjiyə qənaət edən təcrübələrin və texnologiyaların geniş yayılmasını tələb edir. Bunlara misal olaraq, tikinti sektorunda yüksək performanslı bina örtüklərinin inkişafı, sənaye sektorunda resurs istifadəsini minimuma endirən qabaqcıl idarəetmə sistemləri və ev təsərrüfatı səviyyəsində enerjinin daha rəasional istifadəsini təşviq edən siyasətlər göstərilə bilər. Elektrikləşdirmə başqa bir əsas sütun təşkil edir: yanma əsaslı proseslərin elektrik əsaslı texnologiyalarla əvəzlənməsi nəqliyyat və isitmə kimi sektorlarda karbon izlərini əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər. Eyni zamanda, şəbəkənin modernləşdirilməsi zəruri olur, çünki ev fotovoltaiklərindən tutmuş qurumlar tərəfindən idarə olunan külək fermalarına qədər paylanmış enerji istehsalı resursları şəbəkə əməliyyatlarını getdikcə mürəkkəbləşdirir.

Süni intellekt bu çətinliklərin çoxunu təklif və tələbatda real vaxt rejimində dəyişiklikləri aşkar etməklə, bərpa olunan resursların optimal paylanmasını istiqamətləndirməklə və enerji sistemlərində proqnozlaşdırıcı baxımı dəstəkləməklə həll edir. Enerji səmərəliliyi də əhəmiyyətli dərəcədə yüksəlir: bina idarəetmə sistemləri sakinlərin rutinlərini öyrənərək israfı minimuma endirə bilər, sənaye qurğuları avadanlıqların aşınmasını proqnozlaşdıraraq, nəqliyyat logistikası isə marşrutları və batareya istifadəsini optimallaşdıraraq həm emissiyaları, həm də əməliyyat xərclərini azaldır. Paralel olaraq, tələb tərəfinin idarəetmə strategiyaları davamlı olmayan istehlakı təşviq edən və dinamik qiymətləndirməni mümkün edən qabaqcıl analitikadan faydalanır. Süni intellektə əsaslanan nəzarət enerji bazarlarını qeyri-müntəzəmlikləri aşkar etməklə və qiymət dalğalanmalarını daha dəqiq proqnozlaşdırmaqla gücləndirir. Tədqiqat sahəsində isə süni intellekt, digər məsələlərlə yanaşı, yeni materialların axtarışını avtomatlaşdırmaq, təmiz enerji texnologiyalarını optimallaşdırmaq və karbon tutma, saxlama və istifadənin ekoloji təsirlərini aydınlaşdırmaqla innovasiyaları sürətləndirir (Salman, M., 2024, s.367).

Qabaqcıl süni intellekt (Sİ) sistemləri artıq bir çox sahədə geniş şəkildə istifadə olunaraq tədqiqat məhsuldarlığını sürətləndirmişdir. Son tədqiqatlar virtual aləmlərdə insan davranışlarını inandırıcı şəkildə təqlid edə bilən rəqəmsal “şəxsiyyətlər”in yaradılmasını araşdırmışdır. Nəticələr göstərmişdir ki, bu personajlar münasibətlər qura, əlaqələndirilmiş şəkildə fəaliyyət göstərə və realistik reaksiyalar verə bilər. Sonrakı tədqiqatlar isə müsahibələrdən və süni intellektdən istifadə edərək insanların davranışlarını və fikirlərini proqnozlaşdırmaq məqsədilə simulyasiyaların yaradılması imkanlarını öyrənmişdir. Nəticələr cavabların proqnozlaşdırılmasında 85%-lik təsirli dəqiqlik nümayiş etdirmişdir. Eyni zamanda, avtomatlaşdırılmış tədqiqat çərçivələrinin artıq tətbiq edildiyi və inkişaf etməkdə olduğu vurğulanmalıdır. Bunlar çoxagentli topologiyalarda öncül böyük dil modellərindən istifadə edərək avtomatlaşdırılmış açıq tədqiqatlara imkan verir (Rabbi, M. F və b. 2022, s. 812). Bu süni intellekt alətlərinin tədqiqatları sürətləndirdiyi və yeni biliklərin yaradılması üçün vaxt tələbatını azaltdığı şübhəsiz bir həqiqət olsa da, tədqiqatlar göstərmişdir ki, elmi nəticələrin artmasına baxmayaraq, tədqiqatçıların məmnunluğu azalır. Bu fakt süni intellektin gündəlik

tədqiqatlara integrasiyası ilə bağlı əlavə çətinliklər yaradır . Vəd etdiyi imkanlara baxmayaraq, süni intellekt özü ilə müəyyən çətinliklər də gətirir. Onun genişmiqyaslı hesablama ehtiyacları davamlılıq hədəfləri ilə ziddiyyət təşkil edə bilər, məlumat qərəzləri isə nəticələrin yanlış istiqamətləndirilməsi riskini yaradır. *Deloitte* tərəfindən aparılan təhlil məlumat mərkəzləri tərəfindən elektrik istehlakında əhəmiyyətli artımı proqnozlaşdırır; bu göstəricinin 2024-cü ildə təxminən 180 TWh-dan 290 TWh-a, 2030-cu ilə qədər isə 515 TWh-dan 720 TWh-a qədər yüksələcəyi gözlənilir. Bu, illik mürəkkəb artım tempi olaraq 15%-17% təşkil edir (Khalid M. 2024, s. 124-138.) Süni intellekt alətlərinə bərabər çıxışın təmin edilməsi və şəffaf çərçivələrin qurulması bu səbəbdən həyati əhəmiyyət kəsb edəcək. Bu kontekstdə hökumətlər, sənaye və vətəndaş cəmiyyəti arasında əməkdaşlıq ən yaxşı təcrübələrin, etik qaydaların və ictimai etimadı qoruyan möhkəm siyasət çərçivələrinin formalaşdırılmasına töhfə verə bilər.

Ümumilikdə, süni intellekt enerji sistemlərinin dekarbonizasiyasını sürətləndirmək və global davamlılığı dəstəkləmək üçün əhəmiyyətli potensiala malikdir. Lakin bu faydaların tam şəkildə reallaşdırılması bazar strukturlarının uyğunlaşdırılması, siyasət stimullarının gücləndirilməsi və süni intellektə əsaslanan qərarların şəffaflığının təmin edilməsi üçün mütəşəkkil səyləri tələb edir. Növbəti bölümlərdə əsas süni intellekt anlayışları müəyyənləşdirilir, enerji sektorundakı əlavə tətbiqlər araşdırılır və artan enerji tələbatı və nüvə enerjisinə marağın artması da daxil olmaqla, daha geniş sosial-iqtisadi, təhlükəsizlik və etik mülahizələrə toxunulur, həmçinin gələcək çətinliklərin icmalı təqdim edilir.

MATERIAL VƏ METODLAR (Methods)

Bu məqalənin hazırlanması süni intellekt (Sİ) və enerji keçidinin kəsişməsi üzrə mövcud biliklərin sintez edilməsi üçün çoxsaxəli, keyfiyyət metodologiyasına əsaslanmışdır. Tədqiqat prosesi üç əsas komponentdən ibarət olmuşdur: ədəbiyyatın nəzərdən keçirilməsi, praktiki nümunələrin təhlili və müəllifin ekspert sintezi.

Ədəbiyyatdan nəzərdən keçirilməsi

Əsas bilik bazasının formalaşdırılması məqsədilə elmi məqalələr, hesabatlar və kitablar üzrə hərtərəfli təhlil aparılmışdır. Mənbələr Scopus, Web of Science və Google Scholar kimi akademik verilənlər bazalarından "süni intellekt və enerji", "enerji keçidi", "dekarbonizasiyada Sİ tətbiqləri", " Süni intellekt dil alqoritmlərinin enerji tələbatı" və "nüvə enerjisinin yenidən canlanması" kimi axtarış terminləri istifadə olunmaqla müəyyənləşdirilmişdir. Nəzərdən keçirmə 2016-2024-cü illər aralığını əhatə etmiş, son yeniliklərin işıqlandırılması təmin edilmiş və istinad siyahısında qeyd olunan əsərlərə xüsusi diqqət yetirilmişdir. Proses məqalələrin xülasələrinin süni intellektin enerji sistemlərindəki rolu baxımından aktuallığının qiymətləndirilməsi və tam mətnlərin əsas anlayışlar, tətbiqlər və çətinliklərin çıxarılması üçün dərindən öyrənilməsi mərhələlərindən ibarət olmuşdur. Təxminən 50 əsas mənbə onların sitat gətirilmə təsiri, yeniliyi və davamlılıq məqsədlərinə uyğunluğu əsasında seçilmişdir.

Praktiki nümunələrin təhlili:

Süni intellektin tətbiqlərini və təsirlərini kontekstləşdirmək üçün real dünya nümunələri və yeni tendensiyalar tədqiq edilmişdir. Buraya Microsoft-un Three Mile Island nüvə stansiyası ilə müqaviləsi [36] və Google-un Sİ məlumat mərkəzlərini kiçik modul reaktorlarla təmin etmək təşəbbüsü (Park, J. S.2023 s. 1-22.) kimi sənədləşdirilmiş hallar daxildir. Bu nümunələrə dSİr məlumatlar BBC və Euronews kimi etibarlı xəbər mənbələrindən, həmçinin Deloitte-nin 2025-ci il üçün Enerji və Kommunal Xidmətlər Sənayesinin Proqnozu kimi sənaye hesabatlarından əldə edilmişdir. Təhlil süni intellektin enerji tələbatı, siyasət reaksiyaları və texnoloji həllər (məsələn, bərpa olunan enerji mənbələrinin fasiləliliyini kompensasiya etmək üçün nüvə enerjisinin integrasiyası) kimi nümunələrin müəyyənləşdirilməsinə yönəlmişdir. Keyfiyyət qiymətləndirmə meyarları olaraq mümkünlük, miqyaslanma qabiliyyəti və dekarbonizasiya hədəflərinə uyğunluq nəzərə alınmışdır.

Ekspert sintezi və konseptual çərçivə:

Ədəbiyyat və nümunələrdən əldə edilən nəticələr müəllifin enerji sistemləri və süni intellekt tətbiqləri sahəsindəki təcrübəsinə əsaslanaraq tematik yanaşma ilə sintez edilmişdir. Süni intellektin tərifləri, enerji sektorundakı tətbiqləri, sosial-iqtisadi-etik mülahizələr və enerji tələbatı kimi əsas mövzular mövzunun çoxdissiplinli xarakterini əks etdirəcək şəkildə təşkil olunmuşdur. Arqumentlər texniki detallar və geniş ictimai təsirlər arasında tarazlığın saxlanılması məqsədilə təkrar-təkrar işlənmiş, Russell və Norvig-in süni intellekt paradigmaları və ESG meyarları kimi çərçivələrə istinad edilmişdir. İlk məlumat toplanması və ya kəmiyyət modelləşdirməsi aparılmamış, bunun əvəzinə ikinci dərəcəli məlumatların keyfiyyət interpretasiyasına əsaslanaraq imkanlar, çətinliklər və gələcək istiqamətlər vurğulanmışdır.

Bu yanaşma məqalənin geniş əhatəli olmasını təmin etmiş, dar bir sual ətrafında cəmləşməkdənsə, ümumi perspektiv təqdim etməyi hədəfləmişdir. İstinadlar düzgünlüyü yoxlamaq üçün təkrar nəzərdən keçirilmiş və hamısı bu məqalənin Creative Commons Attribution (CC BY) lisenziyası ilə açıq əlçatanlıq prinsiplərinə uyğun olaraq ictimaiyyətə açıqdır. Mövcud əsərlərə əsaslanma yeni məlumatların olmaması və mənbələrdəki potensial qərəzlərin təkrarlanması kimi məhdudiyyətləri ehtiva edir, lakin bu metodologiya süni intellektin enerji keçidindəki transformasiya potensialının müzakirəsi üçün möhkəm zəmin yaradır.

ƏLDƏ OLUNAN NƏTİCƏLƏR (Results)

Bu məqalədə təqdim olunan nəticələr, süni intellektin (Sİ) cəlbedici həllər təklif etdiyi, eyni zamanda yeni mürəkkəbliklər yaratdığı sürətlə dəyişən bir enerji mənzərəsini vurğulayır. Bərpa olunan enerji mənbələri, Sİ paradigmaları vasitəsilə dəstəklənərək, dünyanın artan enerji tələbatının böyük bir hissəsini qarşılamağa davam edəcək. Bununla belə, süni intellektin dil alqoritmləri və yüksək güclü məlumat mərkəzlərində həyata keçirilən məlumat tutumlu texnologiyaların sürətlə artan istifadəsi, fasiləsiz və etibarlı baza yükü tutumuna olan ehtiyacı vurğulayır ki, bu da sosial və ekoloji çətinliklərinə baxmayaraq, nüvə enerjisinə yenidən diqqəti cəlb edə bilər.

Siyasətin hazırlanmasından yerində icrasına qədər, maraqlı tərəflər qarşısında incə bir vəzifə dayanır: texnoloji irəliləyişləri sürətləndirmək, lakin bərabərlik, əhatəlilik və ekoloji bütövlükdən ödənin verməmək. Bu, süni intellekt ilə əlaqəli qazanların universal elektrifikasişdırma və şəffaf idarəetmə kimi daha geniş sosial məqsədlərlə uyğunlaşdırılmasının zəruri olduğunu göstərir. Məlumatlara bərabər çıxış, güclü kiber təhlükəsizlik protokolları və mütərəqqi ətraf mühit, sosial və idarəetmə çərçivələri süni intellektin hesablama yükünün iqlim və ya cəmiyyət zəifliklərini artırmamasını təmin edə bilər. Nəticədə, süni intellekt ilə idarə olunan enerji keçidlərinin uğuru hökumətlər, sənaye, vətəndaş cəmiyyəti və elmi icmalar arasında möhkəm ittifaqlardan asılı olacaq. Müxtəlif təcrübə və baxışların integrasiyası ilə texnoloji tərəqqi həyata keçirilə bilər, eyni zamanda həm indiki, həm də gələcək nəsillərin uzunmüddətli ehtiyacları qoruna bilər.

MÜZAKİRƏ (Discussion)

Əvvəlki bölmələrdə təsvir olunduğu kimi, süni intellektin enerji sistemləri ilə kəsişməsi dekarbonizasiya üçün müstəsna imkanlar təqdim etməklə yanaşı, genişmiqyaslı texnoloji dəyişikliklərlə müşayiət olunan mürəkkəb çətinlikləri də vurğulayır. Bir tərəfdən, süni intellekt proqnozlaşdırmada görünməmiş dəqiqliyi təmin edərək sistemlərin bərpa olunan enerji mənbələrini daha səmərəli şəkildə mənimsəməsinə və karbon intensivliyini azaltmasına imkan verir; digər tərəfdən isə qabaqcıl hesablama alətləri, öz enerji istehlaklarından başqa, ədalət, məlumat idarəçiliyi və uzunmüddətli resurs bölgüsü ilə bağlı legitim suallar doğurur. Mürəkkəb enerji istehsalı, ötürülməsi və paylanması tapşırıqlarını avtomatlaşdırmaqla süni intellektin əməliyyat səmərəsizliklərini azalda və külək və ya günəş enerjisi çıxışlarındakı dalğalanmalara real vaxt rejimində uyğunlaşmanı dəstəkləyə bilər. Lakin bu imkanlar böyük həcmli məlumat dəstləri, mürəkkəb çoxagentli arxitekturalar və davamlı yenilənmələr tələb edir ki, bunların hamısı təhlükəsiz və yüksək tutumlu enerji təchizatına ehtiyac duyur. Bu da elektrik sektorundakı texnoloji seçimlərin süni intellektin təkamülü ilə sıx bağlı olduğunu göstərir.

Sosial-iqtisadi ölçülər də eyni dərəcədə təcili xarakter daşıyır; burada kapitala, rəqəmsal infrastruktur və ixtisaslı işçi qüvvəsinə qeyri-bərabər çıxış mövcud global fərqləri dərinləşdirmə təhlükəsi yaradır. Bəzi ölkələr süni intellekt ilə idarə olunan həlləri öz şəbəkələrinə problemsiz integrasiya edə bilsə də, digərləri universal elektrifikasiş üçün belə əsas çərçivələrdən məhrumdur. Eyni zamanda, inkişaf etməkdə olan bazarlarda yeni məlumat mərkəzlərinin yaradılması yerli iş yerlərinin açılmasına təkan verə bilər, lakin məhdud şəbəkə aktivlərinə əlavə yük yarada bilər. Diqqətli idarəetmə olmadan yeni rəqəmsal tələblər, xüsusilə müasir enerji xidmətlərindən əsasən kənarda qalan icmalarda, daha fundamental ehtiyacları kənara itələmək riski daşıyır. Beləliklə, süni intellektin rolu əməliyyat optimallaşdırılmasından kənara çıxır; o, sosial ədalət məqsədləri və daha geniş siyasət mülahizələri ilə kəsişir. İctimai tablolar və inklüziv siyasətə əsaslanan təşviq proqramları kimi şəffaf təşəbbüslər irəliyə doğru yol təklif edir, qabaqcıl analitikanın icma faydalarını təşviq etməsini və ayrı-seçkiliyi davam etdirməməsini təmin edir.

Təhlükəsizlik və etika ilə bağlı narahatlıqlar bu mənzərəni daha da mürəkkəbləşdirir. Əməliyyat məlumatlarını real vaxtda idarə edə bilən çoxagentli süni intellektin dil alqoritmləri

həm sistem dayanıqlığını artırmağa, həm də yüksək həssaslıqlara qapı açmağa imkan verir. Kibertəhlükələr vacib infrastrukturun pozulmasına səbəb ola bilər ki, bu da bütün regionlar üçün dalğavari nəticələrə yol açar. Möhkəm şifrələmə, anomaliya aşkarlama və aydın məlumat idarəetmə standartlarının tətbiqi bu təhlükələri azalda bilər, lakin tənzimləyicilər, kommunal xidmətlər və süni intellekt tərtibatçıları arasında sektorlararası əməkdaşlıq tələb edilir. (Chalmers, D. J. 2016. s.171-224). Texniki təhlükəsizlik tədbirlərindən kənara çıxaraq, etik suallar da qalmaqdadır: süni intellekt modelləri az xidmət göstərilən əhalini kənara itələyər biləcək qərarlərə görə yoxlanılmalı, eyni zamanda süni intellektin özünün hesablama izi dekarbonizasiya hədəfləri ilə müəyyənləşən bir dövrdə diqqətlə araşdırılmalıdır.

Bununla paralel olaraq, nüvə enerjisi üzərindəki mübahisələr yaxın müddətli etibarlılığı bərpa olunan texnologiyaların inkişafı ilə bağlı enerji keçidi məqsədləri ilə balanslaşdırma ehtiyacını vurğulayır. Nüvə enerjisi süni intellektin fasiləsiz enerji tələbatını qarşılaya biləcək sabit baza tutumu təklif etsə də, yüksək kapital xərcləri, tullantıların idarə edilməsi öhdəlikləri və uzunmüddətli layihə cədvəlləri ciddi maneələr yaradır. Bu mürəkkəbliklər daha geniş bir prinsipi vurğulayır: nə nüvə, nə günəş, nə külək, nə də davamlı biokütlə kimi tək bir resurs sürətlə dəyişən enerji mənzərəsinin dərin köklü çətinliklərini unikal şəkildə həll edə bilməz. Bunun əvəzinə, yerli kontekstlərə, global şərtlənmə öhdəliklərinə və iddialı iqlim məqsədlərinə cavab verən bir yolun müəyyənləşdirilməsi üçün məqsədyönlü planlaşdırma və fənlərarası əməkdaşlıq tələb olunur. Süni intellektin genişlənməsi, özündə daşıdığı vədlər və tələblərlə, yeni texnologiyaların bu yolları dəstəkləyə və ya əngəlləyə biləcəyini nümayiş etdirir. Nəticədə, bu enerji keçidinin uğuru təkcə hansı alətlərin qəbul edildiyindən deyil, həm də idarəetmə strukturlarının, siyasət qərarlarının və sosial dəyərlərin süni intellektin transformasiya potensialını inklüzivlik və ekoloji tarazlıqdan ödənmədən istifadə etmək üçün nə dərəcədə effektiv uyğunlaşdırıldığından asılıdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Məmmədov, A. R., Həsənov, É. N. (2022). Süni intellektin Azərbaycanda bərpa olunan enerji sistemlərində tətbiqi. *Enerji və Texnologiya Jurnalı*, Bakı: Azərbaycan Texniki Universiteti Nəşriyyatı, 45-58.
2. Salman, M. (2024). G20 roadmap for carbon neutrality: The role of Paris agreement, artificial intelligence, and energy transition in changing geopolitical landscape. *Journal of Environmental Management*, Amsterdam: Elsevier, p.367.
3. Rabbi, M. F., Popp, J., Máté, D. & Kovács, S. (2022). Energy security and energy transition to achieve carbon neutrality. *Energies*, Basel: MDPI, p.812.
4. Khalid M. (2024). Smart grids and renewable energy systems: Perspectives and grid integration challenges. *Energy Strategy Reviews*, Amsterdam: Elsevier, p.124-138.
5. Jin, D. (2020). *Energy and AI*. Energy AI, Amsterdam: Elsevier, 100002.
6. Villalobos-Alva, J., Ochoa-Toledo, L., Villalobos-Alva, M. J., Aliseda, A., Pérez-Escamiroso, F., Altamirano-Bustamante, N. F., Ochoa-Fernández, F., Zamora-Solís, R., Villalobos-Alva, S. & Revilla-Monsalve, C. (2022). Protein science meets artificial

- intelligence: A systematic review and a biochemical meta-analysis of an inter-field. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, Lausanne: Frontiers Media, 788300.
7. Park, J. S. (2023). Generative agents: Interactive simulacra of human behavior. In *Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, San Francisco, CA: ACM Press, p.1-22.
 8. Testoni, R., Bersano, A. & Segantin, S. (2021). Review of nuclear microreactors: Status, potentialities and challenges. *Progress in Nuclear Energy*, Amsterdam: Elsevier, 138.
 9. Soares, J., Lezama, F., Faia, R., Limmer, S., Dietrich, M., Rodemann, T., Ramos, S. & Vale, Z. (2024). Review on fairness in local energy systems. *Applied Energy*, Amsterdam: Elsevier, 374.
 10. Chalmers, D. J. (2016). The singularity: A philosophical analysis. In *Science Fiction and Philosophy: From Time Travel to Superintelligence*, Hoboken, NJ: Wiley, 171-224.
 11. Abbasova, L. T. & Səfərov, M. C. (2024). Kiçik modular reaktorların enerji tələbatının ödənilməsində perspektivləri. *Davamlı Enerji və Ekologiya*, Bakı: Elm Nəşriyyatı, 67-80.

ABSTRACT

**Elvin Muradzade
Gulustan Gasimova**

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND SUSTAINABLE ENERGY TRANSFORMATION

The important role of artificial intelligence (SI) in the energy sector is examined in the article, with a focus on the global shift to low-emission, green systems. As concerns about climate change grow, the energy transition is accelerating, and artificial intelligence is emerging as a key tool in enhancing the efficiency, reliability, and viability of renewable energy sources such as wind, solar, and hydroelectric power. This transition was not just about replacing fossil fuels; it also involved electrification, innovations that promote energy savings, and the modernization of electrical grids to support distributed energy structures. Artificial intelligence contributes to this process by optimizing supply and demand dynamics in sectors such as construction, industry, and transportation, providing preventive maintenance for equipment, and enhancing energy efficiency. Additionally, it strengthens energy markets through complex data analysis and accelerates the development of clean energy technologies. However, the integration of artificial intelligence also brings a number of challenges. Especially systems that require high processing power, such as advanced language models, significantly increase electricity consumption, and this figure is expected to sharply rise by 2030, making it difficult to achieve sustainable development goals. This situation has rekindled interest in nuclear energy, including small modular reactors, despite the costs of meeting the energy needs of artificial intelligence, waste management challenges, and security risks. Socioeconomic inequalities are also emerging: The adoption of artificial intelligence can deepen the disparities between wealthy and low-income areas, thereby increasing the need for Fair Policies. Security risks such as cyber-attacks on data-driven systems and ethical issues like bias and data transparency make implementation even more complex.

Key words: *Artificial intelligence, energy sector, decarbonisation, renewable energy sources, energy efficiency*

YAPAY ZEKANIN BÜYÜYEN KARBON AYAK İZİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419513>

Fatih GENÇTÜRK¹

fatihgencturk@isparta.edu.tr

ORCID ID: 0000-0001-8557-5572

Serdar BİROĞUL^{2,3}

serdarbirogul@duzce.edu.tr

serdarbirogul@ndu.edu.az

ORCID ID: 0000-0003-4966-5970

¹*Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü*

²*Düzce Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü*

³*Naxçıvan Dövlət Universiteti Memarlıq və Mühəndislik Fakülteti Elektronika və İnformasiya Texnologiyaları*

ÖZET

Yapay zeka teknolojileri, son yıllarda başta otomasyon, dil işleme ve öneri sistemleri olmak üzere birçok alanda hızla yaygınlaşmış ve dijital ekosistemin temel bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Ancak bu yaygınlık, artan veri hacmi, model boyutu, hesaplama gücü ihtiyacı ve enerji tüketimiyle birlikte önemli bir çevresel maliyeti de beraberinde getirmektedir. Bu çalışma, yapay zeka sistemlerinin neden olduğu karbon ayak izini nicel ve nitel yönleriyle inceleyerek, mevcut emisyon hesaplama yaklaşımlarını değerlendirmekte ve enerji verimliliğini temel alan sürdürülebilir bir yapay zeka anlayışının gerekliliğine dikkat çekmektedir. Elde edilen bulgular, yüksek doğruluk hedefiyle geliştirilen büyük ölçekli modellerin çevresel etkilerinin göz ardı edildiğini ve bu dengenin sağlanabilmesi için performans ile sürdürülebilirliğin birlikte ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka, Karbon Ayak İzi, Enerji Tüketimi, Sürdürülebilir Yapay Zeka

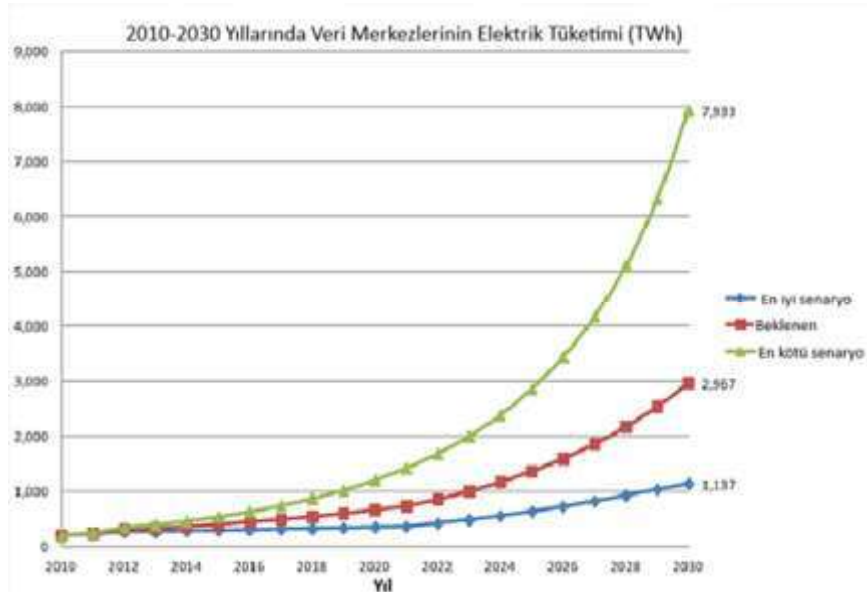
GİRİŞ

Son yıllarda, yapay zeka teknolojilerinde gözlenen hızlı gelişmeler, özellikle yüksek hacimli verilerle beslenen büyük ölçekli modellerin eğitime olanak tanımaktadır. Bu tür modeller, çok çeşitli alanlarda kayda değer performans düzeylerine ulaşarak karmaşık problemlerin çözümünde etkili birer araç haline gelmiştir. Ancak bu başarı artışları, genellikle yoğun hesaplama kapasitesi ihtiyacını beraberinde getirmekte ve bu durum önemli miktarda enerji kullanımına neden olmaktadır. Bu kapsamda değerlendirildiğinde, ileri düzey yapay zeka modellerinin eğitimi ve uygulanması yalnızca yüksek donanım maliyetleri, enerji tüketimi ve bulut hizmetlerine bağlı finansal yükler açısından değil; aynı zamanda hesaplama süreçlerinin sebep olduğu karbon salımları üzerinden de çevresel bir maliyet doğurmaktadır. Dolayısıyla yapay zeka uygulamalarının yaygınlaşması, yalnızca teknik ve ekonomik değil, aynı zamanda ekolojik etkileriyle de bütüncül olarak ele alınmalıdır. Amazon Echo örneği üzerinden yapılan bir analiz, yapay zeka sistemlerinin ardındaki görünmeyen enerji altyapısını, çevresel maliyetleri ve karbon salımına neden olan üretim süreçlerini eleştirel bir biçimde ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, yapay zeka teknolojilerinin yalnızca dijital çıktılardan

ibaret olmadığı; aynı zamanda küresel enerji tüketimi, kaynak kullanımı ve çevresel tahribatla doğrudan bağlantılı, sürdürülebilirlik sorunları doğuran enerji yoğun yapılar olarak ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır (Crawford & Joler, 2019). Özellikle veri merkezlerinin elektrik tüketimi, cihazların planlı eskitilmesi ve karbon ayak izi gibi çevresel unsurlar, bu teknolojilerin uzun vadeli etkilerini değerlendirmede kritik faktörler arasında gösterilmiştir.

Veri merkezlerinin enerji kullanımının zaman içerisindeki değişimi özellikle büyük dil modelleri başta olmak üzere farklı yapay zeka teknolojilerinin neden olduğu karbon emisyonu ve elektrik tüketimi hakkında fikir sağlayabilir. 2010 yılı için gerçekleştirilen bir analizde, veri merkezlerinin enerji tüketiminin küresel elektrik talebinin yalnızca %1'ini oluşturduğu toplam karbon emisyonlarına da yaklaşık %0,3 katkıda bulunduğu tespit edilmiştir (Jones, 2018, s. 4). Ancak bu oran, İran dahil bazı ülkelerin ulusal enerji tüketiminden daha fazla değere sahiptir. Aynı çalışmada, 2030 yılına gelindiğinde, veri merkezleri tarafından kullanılan enerjinin küresel toplamın %3-13'ü kadar kısmına ulaşabileceği öngörülmüştür (Andrae & Edler, 2015, s. 133). Benzer bir çalışmada, 2020 yılı için bilgi ve iletişim teknolojileri karbon ayak izinin toplam sera gazı emisyonları içindeki payının %2,1 ile %3,9 arasında tahmin edildiğini belirtilmektedir (Freitag vd., 2021, s. 14). Veri merkezlerinde kullanılan elektriğin yıllara göre değişimi şekil 1'de verilmiştir.

Yapay zeka sistemlerinin yüksek enerji tüketimi ve buna bağlı karbon emisyonları, bu teknolojinin sürdürülebilirliği açısından gelecekte karşılaşılabilecek en kritik sınırlayıcı faktörlerden biri olarak değerlendirilmektedir. Bugün için performansa odaklanan değerlendirme ölçütlerinin, yakın gelecekte yerini hem performans hem de çevresel etki kriterlerinin birlikte optimize edildiği bütüncül yaklaşımlara bırakması muhtemeldir. Bu bağlamda, yapay zeka uygulamalarının çevresel etkilerine yönelik farkındalık oluşturulması son derece önemlidir. Bu çalışmanın temel amacı, yapay zeka temelli sistemlerin karbon ayak izine dikkat çekmek ve bu konuda bilimsel katkı sunmaktır. Çalışmada; yapay zeka kaynaklı karbon emisyonlarının hesaplama yöntemleri, yeşil yapay zeka yaklaşımı ve emisyon seviyelerini etkileyen belirleyici faktörler ele alınmıştır. Ayrıca, yapay zeka alanındaki çevresel etkilerin yönetimi açısından, düzenleyici kurumlar tarafından uygulanabilir emisyon standartlarının ve politika mekanizmalarının geliştirilmesi gerekliliği de vurgulanmaktadır.



Şekil 1. 2010-2030 veri merkezlerinin elektrik tüketimi (TWh)(Andrae & Edler, 2015, s. 133)

KARBON AYAK İZİNİN HESAPLANMASI

Yapay zeka modellerinin çevresel etkilerini değerlendirmek amacıyla geliştirilen çeşitli karbon ayak izi hesaplayıcıları, eğitim ve kullanım sürecinde oluşan sera gazı emisyonlarının daha şeffaf biçimde raporlanmasını ve azaltılmasını hedeflemektedir. Bu hesaplayıcılardan biri olan Green Algorithms (Lannelongue vd., 2021), donanım tipi, işlem süresi ve coğrafi konum gibi temel bilgilerle çevrimiçi arayüz üzerinden karbon ayak izini tahmin ederken; emisyonları bağlamsal göstergelerle (ağaç sayısı, uçuş mesafesi gibi) ifade etmesiyle fark yaratmaktadır. Experiment Impact Tracker (Henderson vd., 2020) ise CPU (Central Processing Unit - Merkezi İşlem Birimi), GPU (Graphics Processing Unit - Grafik İşlem Birimi) ve bellek kullanımlarını süreç bazlı olarak detaylı biçimde izleyerek, çalışmanın yürütüldüğü enerji şebekesinin karbon yoğunluğunu da dikkate alır. Carbontracker (Anthony vd., 2020) ise eğitimin erken aşamalarında gözlemler yaparak kalan eğitim sürecine dair karbon salımını önceden tahmin edebilmesiyle öne çıkar; ayrıca, gerçek zamanlı karbon yoğunluğu verilerini kullanarak bölgesel farklılıkları modele dahil eder. Bunlara ek olarak, ML Emissions Calculator (Lacoste vd., 2019) ve CodeCarbon(Schmidt, V. vd., 2021) gibi farklı hesaplama araçları da mevcuttur. Bütün bu araçlar, sürdürülebilir yapay zeka anlayışını güçlendirmeyi hedeflerken, veri merkezinin verimliliği, donanım tipi, bellek kullanımı gibi ek faktörlerin hesaplama dahil edilip edilmemesi, ölçüm yöntemi, desteklenen donanım türleri ve gerçek zamanlı veri kullanımı gibi detayları bakımından birbirinden ayrılmaktadır.

Karbon ayak izi hesaplamalarında, genel olarak sera gazı emisyonlarının karbondioksit eşdeğeri (CO_2eq) cinsinden ifade edilmesi esas alınmakta ve bu yaklaşım, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) tarafından yayımlanan metodolojik kılavuzlara dayanmaktadır (Eggleston vd., 2006). Temel yaklaşım, donanımın enerji tüketimi ile elektrik şebekesinin karbon yoğunluğu çarpılarak CO_2 eşdeğeri (CO_2eq) elde edilmesidir (denklem 1). Enerji tüketimini CO_2 eşdeğerine dönüştürmek için karbon yoğunluğu katsayıları (Carbon Intensity - CI) kullanılır. Bu katsayı, belirli bir bölgedeki elektrik üretiminin çevresel maliyetini ifade eder ve genellikle gCO_2/kWh cinsinden ölçülür. Yapılan işlem başına ($gCO_2e/ExaFLOP$) salınan karbon miktarını temsil eden Hesaplama Karbon Yoğunluğu (Compute Carbon Intensity - CCI) metriğini öneren daha detaylı yöntemler de sunulmuştur (Schneider vd., 2025).

$$CO_2eq = E_{Total} \times CI \quad (1)$$

Yapay zekaya ilişkin karbon ayak izi hesaplama araçlarının yanı sıra, farklı model yapılarına dayalı ampirik emisyon analizleri de gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, 6,1 milyar parametre içeren bir dil modelinin eğitim sürecinin yalnızca %13'ü tamamlanmasına rağmen, kayda değer karbon salımı değerleri gözlemlenmiştir. Bu kısmi eğitim süreci bile, modelin neden olduğu emisyonun, ortalama bir ABD hane halkının yıllık karbon salım miktarını aştığını ortaya koymuştur. Modelin tam kapasiteyle eğitilmesi durumunda ise, kullanılan enerji kaynaklarının karbon yoğunluğuna bağlı olarak 21 ila 78 ton CO_2 arasında değişen emisyon değerleri oluşabileceği öngörülmektedir (Dodge vd., 2022, s. 1881).

Yapay zeka sistemlerinin karbon ayak izini yalnızca işlem aşamalarıyla sınırlı kalmadan, donanım temelli etkileriyle birlikte ele alan çalışmalar giderek artmaktadır. Bu çalışmalarda, toplam karbon ayak izi iki temel bileşene ayrılarak analiz edilmektedir. Modelin eğitim, test ve çıkarım aşamalarında ortaya çıkan emisyonlar operasyonel karbon ayak izi kapsamında değerlendirilirken; donanımın üretimi, taşınması, kullanımı, bakımı ve ömrünü tamamladıktan sonraki bertaraf süreçlerinde oluşan emisyonlar ise gömülü karbon ayak izi olarak tanımlanmaktadır. Toplam çevresel etkiyi ölçmek amacıyla bu iki bileşen toplanarak yapay zeka sistemlerinin bütüncül karbon ayak izi

hesaplanmaktadır (Schneider vd., 2025; Wu vd., 2022) . Örneğin, bir dil modeli olan BLOOM'un nihai eğitim sürecinin yaklaşık 24,7 ton CO₂eq salımına yol açtığı; donanım üretiminden enerjiye dayalı çalıştırma süreçlerine kadar tüm aşamaları içeren kapsamlı bir değerlendirmeye bu miktarın yaklaşık 50,5 tona ulaştığı hesaplanmıştır (Luccioni vd., 2023, s. 7).

YEŞİL YAPAY ZEKA

Yapay zekanın hesaplama maliyeti ve çevresel etkilerine yönelik farkındalığı artırma amacıyla gerçekleştirilen bir analizde, makine öğrenmesi yöntemlerini kimya alanındaki problemlere uygulayan veya bu alana özgü yeni yaklaşımlar sunan toplam 8.255 akademik yayın incelenmiştir. Ancak bu çalışmaların yalnızca 244'ü (%3) model eğitiminde kullanılan donanım bilgilerini içerirken, yalnızca 11'i eğitim süresine ilişkin veri sunmaktadır. (Patterson vd., 2022). Özellikle büyük ölçekli modellerin yüksek enerji tüketimi göz önüne alındığında, bu denli sınırlı teknik veri sunumu dikkat çekicidir. Nitekim, 175 milyar parametre içeren GPT-3 modeli eğitildiğinde yaklaşık 1,287 GWh enerji harcamış ve %86,4 doğruluk sağlamıştır. Buna karşılık, 530 milyar parametrelili MT-NLG modeli 1,5 yıl sonra daha gelişmiş altyapılarla eğitilerek %87,2 doğruluk elde etmiş, ancak bu süreçte en az 3,51 GWh enerji tüketmiştir (Patterson vd., 2022; Probst, 2023, s. 227). Bu karşılaştırma, doğrulukta elde edilen sınırlı artışların, enerji tüketimi açısından üstel düzeyde maliyetli olduğunu ve bu durumun araştırma alanındaki eşitsizliği derinleştirme potansiyeli taşıdığını göstermektedir. Artan hesaplama gereksinimlerinin yalnızca yüksek karbon salımlarına neden olmakla kalmadığı, aynı zamanda özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerdeki araştırmacıların yapay zeka alanında aktif biçimde yer alabilmesini güçleştirdiği ortaya konmuştur. Büyük ölçekli modellerin eğitimi ya da geniş veri kümeleriyle çalışma süreçlerinde gerekli olan donanıma ve finansal kaynaklara erişim, bu gruptaki akademisyenler için önemli bir sınırlayıcı unsur olarak öne çıkmaktadır (Schwartz vd., 2020).

Performans ve doğruluk odaklı değerlendirmelerin, yapay zeka araştırmalarında giderek artan hesaplama maliyeti, çevresel etki ve erişilebilirlik sorunlarını beraberinde getirdiği belirtilmiş; bu bağlamda, “Red AI” (Kırmızı Yapay Zeka) ve “Green AI” (Yeşil Yapay Zeka) olmak üzere iki kavramsal yaklaşım önerilmiştir (Schwartz vd., 2020). 2012–2018 yılları arasında yapay zeka modellerinin eğitiminde kullanılan hesaplama gücünün yaklaşık 300.000 kat arttığı ve bu artışın karbon ayak izini önemli ölçüde yükselttiği rapor edilmiştir. Yalnızca teknik başarıya odaklanan ve hesaplama verimliliğini göz ardı eden bu eğilim, “Red AI” anlayışı kapsamında ele alınmakta; buna karşılık, “Green AI” yaklaşımı ise doğruluğun yanı sıra hesaplama verimliliği, enerji tüketimi, çevresel sürdürülebilirlik ve eşit erişim gibi ölçütlerin birlikte değerlendirilmesini savunmaktadır. Bu çerçevede, “Red AI” yaklaşımını eleştirel biçimde değerlendiren bir başka çalışmada, malzeme bilimi alanında kullanılan derin öğrenme modellerinin çevresel etkileri karşılaştırmalı analiz yoluyla incelenmiş; 2016-2022 yılları arasında ortalama mutlak hatada %28'lik bir iyileşme sağlanmasına karşın, model eğitimine bağlı karbon ayak izinde yaklaşık %15.000'lik bir artış meydana geldiği tespit edilmiştir (Korolev & Mitrofanov, 2023, s. 1).

YAPAY ZEKA EMİSYONLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Yapay zeka sistemlerinde artan veri hacmi, model boyutlarının büyümesi ve altyapı gereksinimlerinin çeşitlenmesi, enerji tüketimi üzerinde önemli bir baskı oluşturmaktadır. Örneğin, Facebook'ta yalnızca iki yıl içinde eğitim verisi 2,4 kat, model boyutları ise bazı öneri sistemlerinde 20 kat artış göstermiştir. Bu büyüme, enerji ve donanım kaynaklarına yönelik talepleri artırmakta ve karbon ayak izinde kayda değer bir artışa neden olmaktadır. Nitekim yalnızca Meena adlı bir modelin eğitimi, 390.000 kilometre yol yapan bir aracın neden olduğu karbon salımına eşdeğer bir etki

yaratmaktadır (Wu vd., 2022, s. 796). Bu doğrultuda, yıllar içinde makine öğrenmesi alanındaki hesaplama gücü ihtiyacı da dikkat çekici biçimde artış göstermiştir. 1952-2010 yılları arasında ortalama 18 ayda bir, 2010-2022 döneminde ise yaklaşık 6 ayda bir iki katına katına çıkan bu gereksinim (Sevilla vd., 2022, s. 5), yapay zeka sistemlerinin çevresel etkilerini daha da derinleştirmiştir. Her ne kadar daha hızlı ve verimli donanımların kullanımıyla yapay zeka modellerinin eğitim süreleri azaltılabilse de, bir modelin toplam boyutu ve yapısal karmaşıklığı, CO₂ salım miktarını belirleyen en kritik unsur olmaya devam etmektedir (Kirkpatrick, 2023, s. 18). Bu bağlamda, veri merkezlerinde oluşan toplam emisyonların %70-90'ı operasyonel kullanım sürecinden, geri kalan %10-30'luk kısmı ise donanım üretimi ve veri merkezi inşaatı gibi gömülü süreçlerden kaynaklanmaktadır (Schneider vd., 2025, s. 9).

Algoritmaların geliştirilmesi ya da kullanılması sırasında tüketilen elektrik ve üretilen CO₂'nin ötesinde, bu algoritmaların çalıştığı donanımların ve veri merkezlerinin üretiminde kullanılan ham maddelerin yer altından çıkarılması süreçleri, bu donanımın üretilmesi, monte edilmesi, taşınması ve kurulması için gereken üretim süreçleri, ve donanım ömrünü tamamladığında bertaraf edilme maliyeti, yapay zeka algoritmalarının toplam karbon ayak izine katkı sağlamaktadır (Luccioni vd., 2023). Bu noktada, donanım yapılandırmalarının da hesaplama verimliliği ve enerji tüketimi değerleri üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir (Liu & Yin, 2024). Bu açıdan bakıldığında, sadece operasyonel emisyonları hesaba katmak, gerçek çevresel etkiyi eksik yansıtabilir. Özellikle büyük dil modelleri gibi yüksek donanım gerektiren sistemlerde gömülü karbon ayak izi, toplam çevresel etkinin önemli bir kısmını oluşturabilir. Operasyonel karbon ayak izine odaklanan çalışmalar (Budenny vd., 2022; Luccioni & Hernandez-Garcia, 2023), yapay zeka modellerinin eğitim süreçlerindeki enerji tüketimini ve bu süreçlerin şebeke karbon yoğunluğu ile ilişkisini ele alırken; daha kapsamlı bir perspektif, yalnızca kullanım anına değil, aynı zamanda donanımın üretim aşamasından kaynaklanan çevresel etkilere de dikkat çekmektedir. Bu doğrultuda, 2013-2023 yılları arasında makine öğrenmesi modellerinin eğitimi için kullanılan GPU üretim ve eğitim süreçlerine ilişkin çevresel etkilerini inceleyen bir çalışmada, hesaplama gereksinimlerinin zaman içinde önemli ölçüde arttığı ortaya konulmuştur (Morand vd., 2024). Yapılan analizlerde, hem grafik kartı üretiminin çevresel yükünün sürekli yükseldiği, hem de model eğitime ilişkin enerji tüketiminin, düşük karbon yoğunluklu enerji kaynaklarına yönelme stratejilerine rağmen üssel olarak büyüdüğü gözlemlenmiştir. Bu bulgular, yalnızca verimlilik odaklı stratejilerin yeterli olmadığını; aksine, bu tür verimlilik artışlarının daha büyük ve karmaşık modellerin geliştirilmesine olanak sağlayarak toplam çevresel etkinin artmasına neden olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmada, yapay zeka sistemlerinin çevresel etkilerini azaltmak için yalnızca teknolojik optimizasyonlar değil, yapay zeka faaliyetlerinin genel ölçekte sınırlanmasının gerekliliği de vurgulanmıştır.

Klasik yaklaşımlardan farklı olarak, yapay zekanın karbon emisyonları üzerindeki etkilerini çok boyutlu bir bakış açısıyla ele alan bir çalışmada; ekonomik, sektörel ve demografik değişkenler birlikte değerlendirilmiştir. Çalışmada 1993-2019 dönemine ait, 66 ülkeyi kapsayan panel veri seti kullanılmış olup elde edilen bulgular üç ana başlıkta toplanmaktadır. İlk olarak, yapay zeka uygulamalarının karbon salımı üzerindeki etkisinin ülkeler arasında heterojen bir dağılım sergilediği görülmüştür. Özellikle yüksek gelir düzeyine ve karbon yoğunluğuna sahip ülkelerde, yapay zekanın emisyonları azaltıcı etkisi daha güçlüdür. İkinci olarak, ülkelerin sanayi kompozisyonu bu ilişki üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır; ikincil sanayi sektörlerinin baskın olduğu ekonomilerde, yapay zekanın karbon emisyonlarını sınırlayıcı marjinal etkisinin azaldığı gözlemlenmiştir. Üçüncü olarak, demografik yapı da önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Yaşlı nüfus oranının yüksek olduğu ülkelerde, yapay zekanın emisyon azaltma potansiyelinin daha belirgin olduğu tespit

edilmiştir. Bu bulgular, yapay zekaya yönelik politika ve stratejilerin yalnızca teknolojik ya da çevresel boyutta değil, aynı zamanda sosyoekonomik koşullar dikkate alınarak bütüncül biçimde tasarlanması gerektiğini göstermektedir (Zhong vd., 2024).

SONUÇ

Yapay zeka sistemlerinin yaygınlaşması, teknik ilerlemeler kadar bu teknolojilerin enerji tüketimi ve çevresel etkileri konusundaki kaygıları da beraberinde getirmiştir. Bu çalışmada, büyük ölçekli yapay zeka modellerinin eğitim ve kullanım süreçlerinin neden olduğu karbon emisyonları çok boyutlu bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Gerek operasyonel gerekse gömülü karbon ayak izi bağlamında yapılan analizler, yapay zeka uygulamalarının sadece performans odaklı değerlendirilmesinin yeterli olmadığını, çevresel sürdürülebilirliğin de öncelikli bir kriter olarak dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu noktada, yapay zeka teknolojilerinin gelişimi ile çevresel sürdürülebilirlik hedefleri arasında kritik bir gerilim olduğu görülmektedir. Önümüzdeki dönemde karbon ayak izinin, yapay zeka araştırmalarının önünde sınırlayıcı bir unsur haline gelip gelmeyeceği ya da performans odaklı ilerlemenin, çevresel sorumluluğu göz ardı etmeye devam edip etmeyeceği önemli bir tartışma alanıdır. Yapay zeka teknolojilerinin ilerleyişi ile karbon nötrlüğe yönelik çevresel hedeflerin, çoğu zaman birbirine paralel değil, çelişkili biçimde ilerlediği ve karşılıklı sınırlayıcı etki yarattığı gözlemlenmektedir. Bu karşıtlığın uzun vadede aşılabilmesi için, yalnızca gönüllülüğe dayalı yaklaşımlar yeterli olmayacak; düzenleyici çerçevelerin ve zorunlu raporlama standartlarının devreye alınması gerekecektir.

Bu bağlamda, çevresel etkileri minimize etmeyi amaçlayan politika yapıcılarını; karbon yoğunluğu düşük enerji kaynaklarını teşvik eden uygulamaları yaygınlaştırması, yapay zeka geliştirme süreçlerini enerji verimliliğiyle entegre edecek tasarım ilkeleri oluşturması ve karbon ayak izi raporlamasını akademik ve endüstriyel standartlara dahil etmesi büyük önem taşımaktadır. Yapay zeka sistemlerinin geleceği, yalnızca teknik başarılarla değil, aynı zamanda sürdürülebilirlik, şeffaflık ve erişilebilirlik ilkeleriyle şekillendirilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Andrae, A. S. G., & Edler, T. (2015). On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030. *Challenges*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/challe6010117>
2. Anthony, L. F. W., Kanding, B., & Selvan, R. (2020). *Carbontracker: Tracking and Predicting the Carbon Footprint of Training Deep Learning Models* (No. arXiv:2007.03051). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2007.03051>
3. Budenny, S. A., Lazarev, V. D., Zakharenko, N. N., Korovin, A. N., Plosskaya, O. A., Dimitrov, D. V., Akhripkin, V. S., Pavlov, I. V., Oseledets, I. V., Barsola, I. S., Egorov, I. V., Kosterina, A. A., & Zhukov, L. E. (2022). eco2AI: Carbon Emissions Tracking of Machine Learning Models as the First Step Towards Sustainable AI. *Doklady Mathematics*, 106(1), S118-S128. <https://doi.org/10.1134/S1064562422060230>
4. Crawford, K., & Joler, V. (2019). Anatomy of an AI System. *Virtual Creativity*, 9(1), 117-120. https://doi.org/10.1386/vcr_00008_7
5. Dodge, J., Prewitt, T., Tachet Des Combes, R., Odmark, E., Schwartz, R., Strubell, E., Luccioni, A. S., Smith, N. A., DeCario, N., & Buchanan, W. (2022). Measuring the Carbon

- Intensity of AI in Cloud Instances. *2022 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 1877-1894. <https://doi.org/10.1145/3531146.3533234>
6. Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20880391>
 7. Freitag, C., Berners-Lee, M., Widdicks, K., Knowles, B., Blair, G., & Friday, A. (2021). *The climate impact of ICT: A review of estimates, trends and regulations* (No. arXiv:2102.02622). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2102.02622>
 8. Henderson, P., Hu, J., Romoff, J., Brunskill, E., Jurafsky, D., & Pineau, J. (2020). Towards the Systematic Reporting of the Energy and Carbon Footprints of Machine Learning. *Journal of Machine Learning Research*, 21(248), 1-43.
 9. Jones, N. (2018). How to stop data centres from gobbling up the world's electricity. *Nature*, 561(7722), 163-166. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-06610-y>
 10. Kirkpatrick, K. (2023). The Carbon Footprint of Artificial Intelligence. *Communications of the ACM*, 66(8), 17-19. <https://doi.org/10.1145/3603746>
 11. Korolev, V., & Mitrofanov, A. (2023). *The carbon footprint of artificial intelligence in materials science*. ChemRxiv. <https://doi.org/10.26434/chemrxiv-2023-zctn1-v3>
 12. Lacoste, A., Luccioni, A., Schmidt, V., & Dandres, T. (2019). *Quantifying the Carbon Emissions of Machine Learning* (No. arXiv:1910.09700). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1910.09700>
 13. Lannelongue, L., Grealey, J., & Inouye, M. (2021). Green Algorithms: Quantifying the Carbon Footprint of Computation. *Advanced Science*, 8(12), 2100707. <https://doi.org/10.1002/advs.202100707>
 14. Liu, V., & Yin, Y. (2024). Green AI: Exploring carbon footprints, mitigation strategies, and trade offs in large language model training. *Discover Artificial Intelligence*, 4(1), 49. <https://doi.org/10.1007/s44163-024-00149-w>
 15. Luccioni, A. S., & Hernandez-Garcia, A. (2023). *Counting Carbon: A Survey of Factors Influencing the Emissions of Machine Learning* (No. arXiv:2302.08476). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.08476>
 16. Luccioni, A. S., Viguiet, S., & Ligozat, A.-L. (2023). Estimating the Carbon Footprint of BLOOM, a 176B Parameter Language Model. *Journal of Machine Learning Research*, 24(253), 1-15.
 17. Morand, C., Ligozat, A.-L., & Névéol, A. (2024). *How Green Can AI Be? A Study of Trends in Machine Learning Environmental Impacts* (No. arXiv:2412.17376). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.17376>
 18. Patterson, D., Gonzalez, J., Hölzle, U., Le, Q., Liang, C., Munguia, L.-M., Rothchild, D., So, D., Texier, M., & Dean, J. (2022). *The Carbon Footprint of Machine Learning Training Will Plateau, Then Shrink* (No. arXiv:2204.05149). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.05149>
 19. Probst, D. (2023). Aiming beyond slight increases in accuracy. *Nature Reviews Chemistry*, 7(4), 227-228. <https://doi.org/10.1038/s41570-023-00480-3>
 20. Schmidt, V., Goyal, K., Joshi, A., Feld, B., Conell, L., Laskaris, N., & Luccioni, S. (2021). *CodeCarbon: Estimate and track carbon emissions from machine learning computing* [Software].
 21. Schneider, I., Xu, H., Benecke, S., Patterson, D., Huang, K., Ranganathan, P., & Elsworth, C. (2025). *Life-Cycle Emissions of AI Hardware: A Cradle-To-Grave Approach and*

- Generational Trends* (No. arXiv:2502.01671). arXiv.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.01671>
22. Schwartz, R., Dodge, J., Smith, N. A., & Etzioni, O. (2020). Green AI. *Communications of the ACM*, 63(12), 54-63. <https://doi.org/10.1145/3381831>
23. Sevilla, J., Heim, L., Ho, A., Besiroglu, T., Hobbhahn, M., & Villalobos, P. (2022). Compute Trends Across Three Eras of Machine Learning. *2022 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/IJCNN55064.2022.9891914>
24. Wu, C.-J., Raghavendra, R., Gupta, U., Acun, B., Ardalani, N., Maeng, K., Chang, G., Behram, F. A., Huang, J., Bai, C., Gschwind, M., Gupta, A., Ott, M., Melnikov, A., Candido, S., Brooks, D., Chauhan, G., Lee, B., Lee, H.-H. S., ... Hazelwood, K. (2022). *Sustainable AI: Environmental Implications, Challenges and Opportunities* (No. arXiv:2111.00364). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.00364>
25. Zhong, J., Zhong, Yilin, Han, Minghui, Yang, Tianjian, & Zhang, Q. (2024). The impact of AI on carbon emissions: Evidence from 66 countries. *Applied Economics*, 56(25), 2975-2989. <https://doi.org/10.1080/00036846.2023.2203461>

ABSTRACT

Fatih Gencturk

Serdar Birogul

THE GROWING CARBON FOOTPRINT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

In recent years, artificial intelligence technologies have expanded rapidly, particularly in fields such as automation, natural language processing and recommendation systems, becoming a central pillar of the digital ecosystem. Yet this growth, driven by increasing volumes of data, larger model architectures, rising computational demands and higher energy consumption, has introduced substantial environmental challenges. This study investigates the carbon footprint of artificial intelligence systems from both quantitative and qualitative perspectives, critically assesses current emission estimation methodologies and underscores the necessity of a sustainable approach that foregrounds energy efficiency. The results indicate that large-scale models developed with an emphasis on accuracy frequently disregard their environmental consequences, pointing to the urgent need for performance and sustainability to be addressed in tandem.

Key words: Artificial Intelligence, Carbon Footprint, Energy Consumption, Sustainable Artificial Intelligence

ELEKTRİKLİ NƏQLİYYAT VASİTƏLƏRİNDƏ SÜNİ İNTELLEKT VƏ INTERNET ƏLAQƏSİNİN TƏTBİQİ MƏSƏLƏLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419520>

Səminə Rüstəmov

saminarustamova@ndu.edu.az

<https://orcid.org/0009-0002-7980-8960>

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Azərbaycan

Fərhad Rüstəmov

rferhad55@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-3137-2951>

Necmettin Erbakan Universiteti

Konya, Türkiyə

XÜLASƏ

Bu məqalə elektrik nəqliyyat vasitələrinin (EV) süni intellekt (AI) və yüksək sürətli internet bağlantısının köməyi ilə sadəcə ekoloji cəhətdən təmiz nəqliyyat variantından ağıllı və ötürülə bilən sistemlərə necə çevrildiyini araşdırır. Avtonom sürücülük, batareyanın idarə edilməsi, sürücülük performansının təhlili və nasazlığın proqnozlaşdırılması kimi sahələrdə istifadə olunan AI proqramları; Kamera, LiDAR və radar sistemlərini emal etməklə təhlükəsiz və səmərəli sürüş şəraiti təmin edir. İnternet əsaslı V2X (Vehicle-to-Everything) kommunikasiya protokolları və OTA (Havadan) yeniləmələri real vaxt rejimində digər nəqliyyat vasitələri, infrastruktur və bulud xidmətləri ilə məlumat mübadiləsini təmin edir. Bu yanaşma yol hərəkəti təhlükəsizliyi və enerji bolluğunda böyük qazanclar təqdim etsə də, kibertəhlükəsizlik, məlumatların məxfiliyi və etik məsuliyyətdə yeni problemlər yaradır. Məqalədə bu riskləri minimuma endirmək üçün zəruri olan texniki və hüquqi tənzimləmələrin genişləndirilməsi vurğulanaraq, EV-lərin gələcəkdə həm nəqliyyat sektorunda, həm də rəqəmsal ekosistemlərdə yenidən transformasiyalara səbəb olacağı iddia edilir.

Açar sözlər: Elektrikli nəqliyyat vasitələri, süni intellekt (AI), avtonom idarəetmə, V2X rabitə, OTA yeniləmələri, batareya idarəetmə sistemi, internet, adaptiv sistemlər.

GİRİŞ

Elektrikli nəqliyyat vasitələri (ENV), sadəcə daxili yanma mühərriklərinə ekoloji alternativ olmaqdan çıxaraq, rəqəmsal transformasiyanın mərkəzində dayanan yüksək texnologiyalı platformalara çevrilmişdir. Xüsusilə son on ildə süni intellekt (SI) alqoritmlərinin və yüksək sürətli internet bağlantılarının ENV-lərə integrasiyası bu vasitələri avtonom, kontekstə uyğun reaksiya verə bilən və adaptiv davranış sərgiləyən intellektual sistemlərə çevirir. Bu transformasiya həm mikro səviyyədə (avtomobildaxili sistemlərin optimallaşdırılması), həm də makro səviyyədə (ağıllı nəqliyyat infrastrukturuna integrasiya) əhəmiyyətli struktur dəyişikliklərinə səbəb olmuşdur.

Süni intellekt texnologiyaları ENV-lərdə əsasən qavrayış, qərar qəbul etmə və hərəkət planlaşdırılması kimi funksional sahələrdə tətbiq edilir. Məsələn, Tesla-nın *Autopilot* və *Full Self-Driving (FSD)* sistemləri kameralar, radarlar və LiDAR sensorlarından toplanan məlumatları dərin neyron şəbəkələri vasitəsilə emal edərək kompleks sürücülük qərarları qəbul edə bilər. Eyni zamanda, NVIDIA-nın *Drive AGX* platforması CUDA və TensorRT kitabxanaları ilə avtonom idarəetməyə yönəlmiş GPU əsaslı yüksək məhsuldarlıq təklif edir. Google-un Waymo layihəsi isə süni intellekt əsaslı xəritə əsaslı lokalizasiya və çoxsəviyyəli təhlükəsizlik protokolları ilə bu sahənin aparıcı nümunələrindəndir.

İnternet bağlantısı, bu süni intellekt sistemlərinin funksionallığını gücləndirən əsas infrastruktur təbəqəsidir. 5G əsaslı ultra aşağı gecikmə protokolları vasitəsilə avtomobillər *Vehicle-to-Everything* (V2X) çərçivəsində digər avtomobillərlə (V2V), yol infrastruktur elementləri ilə (V2I), piyadalarla (V2P) və bulud platformaları ilə (V2C) real vaxtda qarşılıqlı məlumat mübadiləsi həyata keçirə bilir. Məsələn, Ford və General Motors kimi aparıcı istehsalçılar *Cellular-V2X* (C-V2X) texnologiyası vasitəsilə avtomobillərin ətraf mühitlə bağlı məlumatlılığını artırmağı hədəfləyirlər. Bu tip əlaqələr nəqliyyat sıxlığının azaldılması, qəzaların qarşısının alınması və avtonom idarəetmənin koordinasiyası baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Bu kontekstdə tədqiqatın məqsədi, elektrikli nəqliyyat vasitələrində istifadə olunan süni intellekt modellərini və internet əsaslı rabitə sistemlərini nəzəri və tətbiqi aspektlərdən əhatəli şəkildə analiz etməkdir. Məqalədə əvvəlcə əsas konseptual və texnoloji komponentlər təqdim ediləcək, ardından istifadə hallarına, performans göstəricilərinə və sənaye təsirlərinə dair təhlillər aparılacaqdır. Son bölmədə isə bu sistemlərin qarşılaşdığı kibertəhlükəsizlik, etik dilemmalar və məlumatların məxfiliyi kimi kritik problemlər qiymətləndiriləcək və mövcud tendensiyalar əsasında gələcəyə dair proqnozlar veriləcəkdir.

2. ƏSAS KONSEPSİYALAR

2.1. Elektrikli Nəqliyyat Vasitələri (ENV)

Elektrikli nəqliyyat vasitələri daxili yanma mühərrikləri əvəzinə bir və ya bir neçə elektrik mühərriki ilə hərəkətə gələn, enerji mənbəyi kimi isə əsasən litium-ion akkumulyatorlardan istifadə edən texnoloji nəqliyyat vasitələridir. Bu avtomobillər bir sıra mühüm texnoloji komponentlərə malikdir: elektrik mühərriki, akkumulyator paketi, çevirici (inverter), şarja nəzarət bloku və batareya idarəetmə sistemi (BİS). Xüsusilə BİS, batareyanın ömrünü optimallaşdırmaq və hüceyrə gərginliklərini tarazlaşdırmaqla effektiv istilik idarəetməsi həyata keçirir. Tesla Model S, Nissan Leaf və Porsche Taycan kimi qabaqcıl modellər, regenerativ əyləc sistemləri və yüksək səmərəli enerji idarəetmə texnologiyaları ilə bu sahənin aparıcı nümunələridir.

2.2. Süni İntellekt (Sİ)

Süni intellekt — maşınlar və sistemlərə insanabənzər idrak funksiyalarını yerinə yetirmə imkanı verən fənlərarası bir sahədir. Elektrikli nəqliyyat vasitələri kontekstində süni intellekt əsasən aşağıdakı funksional bloklarda tətbiq olunur:

- Qavrayış: Sensorlardan (kamera, radar, LiDAR) alınan məlumatların emalı. Məsələn, YOLO (You Only Look Once) texnologiyasına əsaslanan obyekt tanıma sistemləri.
- Qərar Qəbulətmə: Avtomobilin hərəkət istiqaməti və davranışı ilə bağlı qərarların verilməsi. Misal: Gücləndirici öyrənmə (Reinforcement Learning) alqoritmləri.
- Hərəkət Planlaşdırılması: Avtomobilin maneələrdən yan keçməsi və marşrut seçimi. Nümunələr: A* alqoritmi, Dijkstra, RRT (Rapidly-Exploring Random Trees).

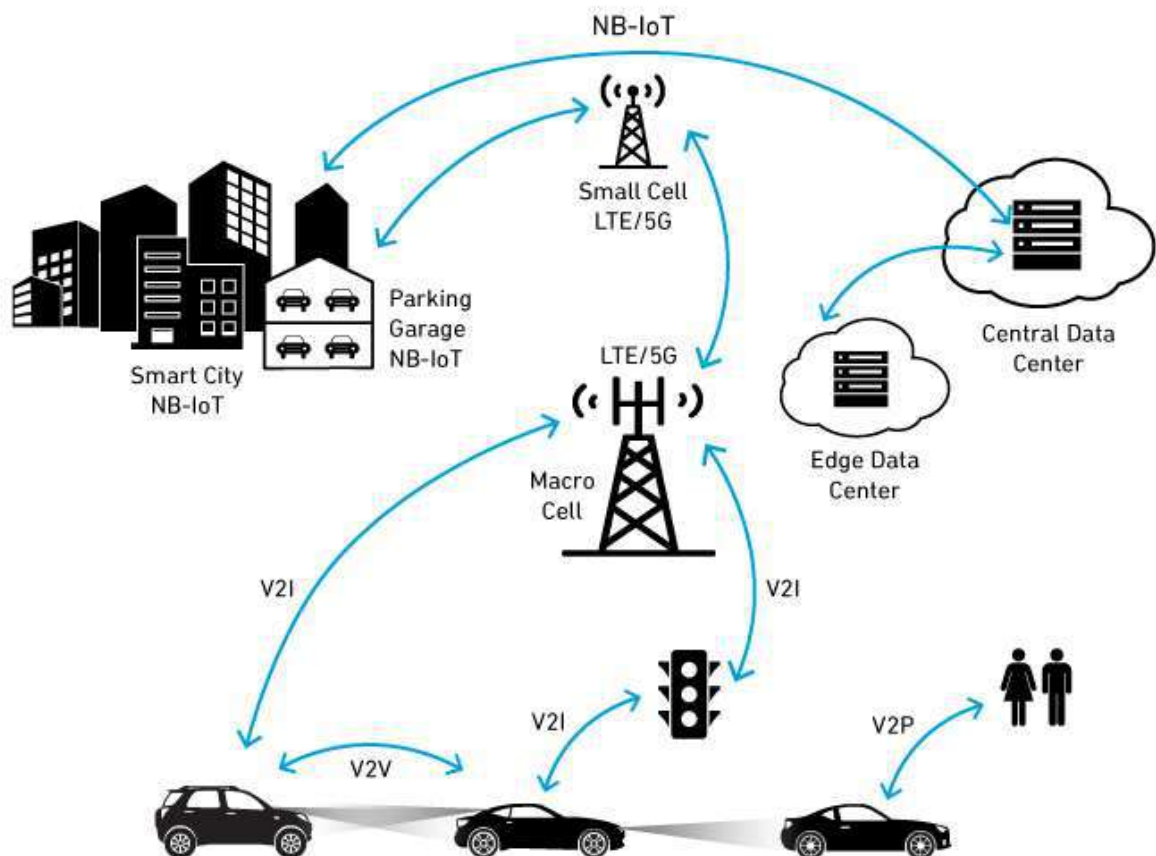
Bu texnologiyalar adətən yüksək performanslı hesablama platformaları (məsələn, NVIDIA Jetson Xavier, Intel Mobileye) üzərində işləyir və ROS (Robot Əməliyyat Sistemi), TensorFlow və PyTorch kimi proqram təminatları ilə inkişaf etdirilir. (Pendleton et al., 2017, s. 8)

2.3. İnternet Əsaslı Sistemlər və V2X Rabitəsi

Elektrikli nəqliyyat vasitələrində internet bağlantısı yalnız sürücüyə məlumat təqdim etmək funksiyası ilə məhdudlaşmır; bu bağlantı, avtomobilin ətraf mühitlə real vaxtda informasiya mübadiləsi aparmasına şərait yaradır. Bu kommunikasiya V2X (Vehicle-to-Everything) konsepti çərçivəsində (**Şəkil 1.**) aşağıdakı alt başlıqlarda həyata keçirilir (Kempton & Tomić, 2005, s. 270):

- V2V (Vehicle-to-Vehicle): Avtomobillər arasında birbaşa məlumat ötürülməsi. Məsələn, qəfil əyləc barədə xəbərdarlıq.
- V2I (Vehicle-to-Infrastructure): Yol infrastrukturuna (svetofor, sensor blokları və s.) məlumat göndərilməsi və alınması.
- V2P (Vehicle-to-Pedestrian): Piyadaların aşkarlanması və onların təhlükəsizliyinə yönəlmiş xəbərdarlıqlar.
- V2C (Vehicle-to-Cloud): Bulud platformaları ilə real vaxt sinxronizasiya və proqram yeniləmələri.
- V2G (Vehicle-to-Grid): Avtomobilin enerji şəbəkəsinə iki istiqamətli enerji ötürməsi.

C-V2X rəbitəsi



Şəkil 1. C-V2X rəbitəsinin quruluşu

Bu sistemlər 5G və DSRC (Dedicated Short-Range Communications) texnologiyaları ilə dəstəklənir və məlumat ötürmə gecikmələri millisekund səviyyəsinə qədər azaldılır. Bu, həm idarəetmə keyfiyyətinin, həm də təhlükəsizlik səviyyəsinin əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldilməsinə şərait yaradır. (Molina-Masegosa & Gozalvez, 2017, s. 32)

3. ELEKTRİKLİ NƏQLİYYAT VASİTƏLƏRİNDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN ROLU

Süni intellekt texnologiyaları elektrikli nəqliyyat vasitələrinin sadəcə passiv daşınma vasitəsi deyil, ətraf mühitlə aktiv qarşılıqlı əlaqə qura bilən, öz qərarlarını verə bilən və davamlı olaraq öyrənən ağıllı sistemlərə çevrilməsində mühüm rol oynayır. ENV-lərdə tətbiq edilən süni intellekt sistemləri əsasən qavrayış, qərar qəbuletmə, proqnozlaşdırma və fərdiləşdirmə kimi funksional sahələr üzrə fəaliyyət göstərir. Bu sistemlər, adətən, yüksək hesablama gücünə malik integrasiya olunmuş aparat platformalarında (məsələn, NVIDIA Drive PX, Intel Mobileye EyeQ) yerləşdirilmiş xüsusi dərin öyrənmə modelləri ilə işləyir.

3.1. Avtonom Sürmə Sistemləri

Avtonom idarəetmə süni intellektin elektrikli nəqliyyat vasitələrində ən geniş və strateji tətbiq sahələrindən biridir. Bu sistemlər, çoxsaylı sensorlardan (kamera, radar, LiDAR, ultrasəs və s.) əldə edilən məlumatları birləşdirərək, ətraf mühitin yüksək dəqiqliklə qavranmasını və avtomobilin real vaxtda uyğun qərarlar qəbul etməsini təmin edir.

İstifadə edilən alqoritm və metodologiyalar:

- Vizual qavrayış: Konvolyusion Neyron Şəbəkələri (CNN) əsasında obyekt aşkarlanması və təsnifatı. Misallar: YOLOv5, ResNet, EfficientDet.
- Lokallaşdırma və xəritələmə: SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), vizual odometriya texnikaları.
- Qərar qəbuletmə: Gücləndirici öyrənmə alqoritmləri (DQN, PPO), qayda əsaslı məntiq ağacları.
- Planlaşdırma: Marşrut optimallaşdırmasında A*, Dijkstra və Model Proqnozlaşdırıcı Nəzarət (MPC) alqoritmləri.

Tesla-nın *Full Self-Driving (FSD)* sistemi, vizual sensorlardan toplanan məlumatları uçuşdan-uca dərin neyron şəbəkəsi ilə emal edərək, nəqliyyat vasitəsinin qərar qəbuletmə və planlaşdırma funksiyalarını bir sistem daxilində integrasiya edir. (Karpathy, A. 2021).

3.2. Batareya İdarəetməsi və Enerji Səmərəliliyi

Süni intellekt alqoritmləri batareya idarəetmə sistemləri (BİS) ilə integrasiya edilərək, enerji sərfiyyatının optimallaşdırılması və batareya ömrünün maksimuma çatdırılması üçün istifadə olunur. Alqoritmlər sürücülük vərdişlərini və yol şəraitini nəzərə alaraq enerji istifadəsini adaptiv şəkildə tənzimləyə bilir. (Waag, Fleischer & Sauer, 2014, s. 323)

Əsas texnologiyalar:

- Proqnozlaşdırıcı modelləşdirmə: Zaman sıralarının analizi üçün LSTM (Long Short-Term Memory) modelləri.
- Anomaliyanın aşkarlanması: Batareya nasazlıqlarını əvvəlcədən müəyyən etmək üçün Gauss qarışıq modelləri və avtomatik kodlayıcılar (autoencoders).
- İstilik idarəetməsi: Süni intellektə əsaslanan adaptiv soyutma sistemləri ilə batareya istilik balansının qorunması.

3.3. Fərdiləşdirilmiş Sürücülük Təcrübəsi

AI sistemləri istifadəçi davranışlarını öyrənərək fərdi sürücülük tərzini təhlil edir və bu məlumatlara əsaslanaraq avtomobildaxili sistemləri fərdiləşdirir. Bu fərdiləşdirmə sürətlənmə dinamikası, naviqasiya təklifləri, əyləncə seçimləri və təhlükəsizlik siqnalları kimi komponentləri əhatə edə bilər.

Tətbiq olunan metodlar:

- İstifadəçi profilləri: K-Means, qərar ağacı və XGBoost alqoritmləri ilə sürücü tipologiyasının çıxarılması.

- AI əsaslı avtomobil köməkçiləri: Təbii dil emalı (NLP) texnologiyası və səsli əmr sistemləri. Məsəl: Amazon Alexa Auto, Cerence AI.

3.4. Proqnozlaşdırıcı Baxım və Nasazlıqların Qarşısının Alınması

AI texnologiyaları nəqliyyat vasitələrinin texniki xidmət ehtiyaclarını əvvəlcədən müəyyən edə və potensial nasazlıqlar barədə sürücünü vaxtında xəbərdar edə bilir. Bu yanaşma əməliyyatın dayanıqlığını və təhlükəsizliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. (Carvalho et al., 2019, s. 106024-5)

Əsas texnikalar:

- Proqnozlaşdırıcı texniki baxım: Zaman sıralı məlumatlarla nasazlığın ehtimalını müəyyən edən regresiya modelləri (məsələn, təsadüfi meşə regresiyası).
- Edge AI: Məlumatların mərkəzi serverə ötürülmədən avtomobil daxilində emalını təmin edən yerli süni intellekt modulları. Məsələn, ani əyləc sistemləri üçün lokallaşdırılmış AI tətbiqləri.

4. İNTERNET ƏLAQƏSİNDƏN İSTİFADƏ SAHƏLƏRİ

Elektrikli nəqliyyat vasitələrində internetə qoşulma artıq sadəcə multimediyaya çıxış və naviqasiya funksiyaları ilə məhdudlaşmır; bu bağlantı, real vaxtlı məlumat axını, proqram yeniləmələri, təhlükəsizlik sistemləri və bulud əsaslı idarəetmənin əsas infrastrukturuna çevrilmişdir. 5G, Wi-Fi 6 və C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything) kimi yeni nəsil kommunikasiya texnologiyaları vasitəsilə bu vasitələr təkcə məlumat qəbul edən qurğular deyil, həm də aktiv şəkildə məlumat paylaşan və qərar verən sistemlərə çevrilmişdir.

4.1. Real Vaxtda Yol və Trafik Məlumatlarının İnteqrasiyası

Elektrikli nəqliyyat vasitələri GPS və xəritələmə texnologiyalarına əlavə olaraq, bulud əsaslı məlumat təminatçılarna qoşularaq yol və trafik şərtlərini real vaxtda analiz edə bilirlər. Bu sistemlər avtomobilin optimal marşrut seçimini və trafikdən yayınma strategiyalarını avtomatik şəkildə həyata keçirməsinə imkan yaradır.

Texniki mexanizm:

- Məlumat mənbələri: Digər avtomobillərin anonim mövqe və sürət məlumatları, yol sensorları, trafik kameraları.
- Rabitə protokolları: TPEG (Transport Protocol Experts Group), NDS (Navigation Data Standard).
- Emal prosesləri: Avtomobilin daxili prosessoru və ya bulud infrastrukturuna (məsələn, HERE, Google Maps API, TomTom Traffic) vasitəsilə sıxlıq xəritələrinin yaradılması və adaptiv marşrutlaşdırma.

Bu texnologiyalar sayəsində sistem istifadəçiyə real vaxt rejimində alternativ marşrutlar təklif edir, orta gəliş vaxtını proqnozlaşdırır və bəzi hallarda adaptiv sürət tövsiyələri verir.

4.2. Uzaqdan Proqram Yeniləmələri (OTA)

Müasir elektrikli avtomobillərin çoxsaylı funksiyaları proqram təminatı vasitəsilə idarə olunur. Bu səbəbdən də "Over-the-Air" (OTA) yeniləmə texnologiyası vasitəsilə avtomobil funksiyalarının uzaqdan yenilənməsi texniki xidmətin səmərəliliyini artırır və istifadəçinin daim aktual sistemlərlə təchiz olunmasına şərait yaradır.

Əsas texniki xüsusiyyətlər:

- Server infrastrukturu: OEM tərəfindən konfigurasiya edilən OTA serverləri; bulud əsaslı platformalar (Amazon AWS, Microsoft Azure).
- Məlumat təhlükəsizliyi: TLS 1.3 və AES-256 kimi yüksək səviyyəli şifrələmə protokolları ilə qorunan ötürmə.
- Versiya idarəetməsi: Delta yeniləmə sistemi yalnız dəyişmiş komponentləri ötürür.
- Yenilənə bilən komponentlər: Avtonom idarəetmə alqoritmləri, istifadəçi interfeysi, əyləncə sistemləri, ECU mikroproqramları və enerji idarəetmə sistemləri.

Məsələn, Tesla 2022-ci ildə yayımladığı OTA yeniləməsi ilə bəzi modellərin hərəkət məsafəsini 5% artırmışdır; Ford isə Mach-E modelində əyləc sisteminə dair proqram xətasını OTA vasitəsilə aradan qaldırmışdır.

4.3. Avtomobildaxili Əyləncə və İnformasiya Sistemləri

Müasir elektrikli avtomobillərin interyeri artıq mobil rəqəmsal platforma funksiyasını daşıyır. İnternet bağlantısı bu sistemləri fərdiləşdirilmiş, interaktiv və bulud əsaslı xidmətlərlə təchiz edir.

Texnoloji komponentlər:

- Əməliyyat sistemləri: Android Automotive OS, QNX, Linux IVI.
- Qoşulma texnologiyaları: 4G/5G modemlər (eSIM dəstəyi ilə), Wi-Fi 6, Bluetooth 5.0.
- Xidmətlər: Spotify, Netflix, Amazon Alexa, Google Assistant inteqrasiyası.
- AI əsaslı funksiyalar: Səs profili ilə fərdi istifadəçinin tanınması, musiqi və xidmət tövsiyələri, təbii dil emalı ilə interaktiv dialoqlar.

4.4. V2X Rabitə Sistemləri və Trafik Təhlükəsizliyi

V2X texnologiyası, nəqliyyat vasitəsinin digər avtomobillər (V2V), infrastruktur komponentləri (V2I), piyadalar (V2P), bulud xidmətləri (V2C) və enerji şəbəkələri (V2G) ilə məlumat mübadiləsini mümkün edir. Bu kommunikasiya əlaqələri real vaxtlı qarşılıqlı təsiri təmin edərək, təhlükəsizlik və effektivliyi artırır.

Əsas texnologiyalar:

- DSRC (IEEE 802.11p): Qısa məsafəli, aşağı gecikməli rabitə (təxminən 300 metr).
- C-V2X: 5G əsaslı geniş əhatəli mobil rabitə (3GPP Release 14+).
- MEC (Multi-access Edge Computing): Məlumatların buluda ötürülmədən lokallaşdırılmış serverlərdə emalı.
- Təhlükəsizlik tədbirləri: Rəqəmsal sertifikatlar (PKI əsasında), ISO 15118 protokolu, mesajlara vaxt damğası əlavə edən şifrələmə sistemləri.

Məsələn, əyləc edən avtomobilin signalı 50 millisekund ərzində arxadakı avtomobilə ötürülür və sistem avtomatik əyləc reaksiyası verir. Eyni şəkildə, svetofor signalı ilə əlaqə quraraq avtomobilin öncədən yavaşlamasını təmin etmək mümkündür. (International Organization for Standardization. 2019, para 2)

5. TƏHLÜKƏSİZLİK, MƏLUMATLARIN MƏXFİLİYİ VƏ ETİK MƏSƏLƏLƏR

Elektrikli nəqliyyat vasitələrinin süni intellekt və internet infrastrukturuları ilə təchiz olunması, nəqliyyatın təhlükəsizliyini, effektivliyini və istifadəçi təcrübəsini əhəmiyyətli dərəcədə artırmışdır. Lakin bu texnoloji üstünlüklər eyni zamanda kiberfiziki sistemlərdə yeni nəsil risklər yaratmış və süni intellektin hüquqi, sosial və etik çərçivələrinin yenidən qurulmasını zəruri etmişdir. Məsələ yalnız proqram təminatının qorunması ilə məhdudlaşmır; həm də insan həyatı, hüquqları və etik prinsiplərlə birbaşa əlaqəlidir.

5.1. Kibertəhlükəsizlik Təhdidləri və Müdafiə Strategiyaları

Elektrikli nəqliyyat vasitələri kompleks və bir-birinə bağlı elektron infrastruktur sistemlərindən ibarət olduğuna görə kiberhücumlara qarşı həssaslıq yüksək səviyyədədir. Hər bir sistem modulu — sensorlar, elektron idarəetmə blokları (ECU), proqram təminatı, rabitə modulları və bulud xidmətləri — ayrı-ayrılıqda və birlikdə hücum vektoru kimi istifadə oluna bilər.

Ən çox rast gəlinən hücum növləri:

- Fiziki giriş vasitəsilə hücum: USB portları və OBD-II interfeysləri üzərindən sistemlərə lokal müdaxilə.
- Uzaqdan sızma: Avtomobilin Wi-Fi, Bluetooth və 4G/5G modullarına kənardan girişlə idarəetmənin ələ keçirilməsi.
- ECU Hijacking: Sükan, əyləc və qaz sistemlərinə nəzarətin ələ keçirilməsi ilə təhlükə yaradılması.
- İnfrastruktur hücumları: Bulud əsaslı xidmətlərə qarşı yönəlmiş DDoS, ransomware və məlumat oğurluğu hücumları.

Təhlükəsizlik tədbirləri:

- Zonalaşdırılmış sistem memarlığı: Kritik sistemlərin (əyləc, sükan) əyləncə və media modullarından tam ayrılması.
- Real vaxtda hücum aşkarlama sistemləri (IDS): Şübhəli trafiklər və qeyri-normal davranış modellərinin təhlili.
- OTA təhlükəsizliyi: Proqram yeniləmələrinin rəqəmsal imzalarla yoxlanması, təhlükəsiz yükləmə və bərpa protokolları.
- Şifrələmə və sertifikatlaşdırma: DSRC və C-V2X üçün PKI əsaslı mesaj autentifikasiyası, TLS 1.3 və AES-256 ilə məlumat qorunması.

Müxtəlif hadisələrdən nəticə: 2015-ci ildə Jeep Cherokee modelinin uzaqdan sındırılması real yol şəraitində təhlükəli vəziyyət yaratmış və şirkət 1.4 milyon avtomobili geri çağırmışdı. Bu hadisə kiber-fiziki təhlükələrin real həyat riskləri doğurduğunu sübut etdi. (Parkinson, Ward, Wilson & Miller, 2017, s. 2901)

5.2. Şəxsi Məlumatların Məxfiliyi və Hüquqi Çərçivə

Elektrikli nəqliyyat vasitələri istifadəçilərindən mərkəzsiz, geniş və daim yenilənən məlumatlar toplayır. Bu məlumatlar fərdi hərəkətlərdən tutmuş emosional vəziyyətə qədər dəyişə bilər. Məlumatın bu qədər dərin və müxtəlif olması onun kommersiyalaşdırılması və sui-istifadəsi risklərini artırır. (Kamleitner & Mitchell, 2019, s. 325)

Məlumatların əsas toplanma kanalları:

- Sensorlar və daxili proqram təminatları: Kamera, mikrofon, göz hərəkəti izləyiciləri, biometrik skanerlər.
- Mobil tətbiqlər: Sürücü hesabları və real vaxtda integrasiya olunmuş xidmətlər.
- Üçüncü tərəf bulud platformaları: Naviqasiya xidmətləri, media yayım sistemləri və reklam modulları.

Toplanan məlumat növləri və istifadəsi:

- Məkan məlumatları: GPS və naviqasiya tarixçəsi əsasında istifadəçinin hərəkət xəritəsi çıxarılır.
- Sürücülük vərdisləri: Ani əyləclər, sürət davranışları və riskli manevrlər profil çıxarma üçün istifadə edilir.

- Səs əmrləri və biometrik məlumatlar: NLP sistemləri tərəfindən analiz edilərək fərdi identifikasiya aparılır.
- Media və əyləncə seçimləri: Fərdi reklam hədəfləmələri üçün istifadə olunur.

Məlumat Növü	İzah
Məkan məlumatları	GPS, marşrut tarixçəsi
Sürücülük davranışları	Ani əyləc, sürətlənmə, döngə vərdisləri
Biometrik məlumatlar	Üz tanıma, göz hərəkəti (premium modellərdə)
Media istehlakı	Dinlədiyiniz musiqi, baxdığınız məzmun
Səs əmrləri	NLP sistemlərində qeydə alınan danışiq məlumatları

Hüquqi tənzimləmələr:

- GDPR (AB): Məlumat emalı üçün istifadəçidən açıq və spesifik razılıq tələb olunur.
- CCPA (Kaliforniya): İstifadəçilərə öz məlumatlarını silmək və paylaşımını məhdudlaşdırmaq hüququ verilir.
- ISO/IEC 27701: Şəxsi məlumat idarəetməsində təşkilati məsuliyyət və texniki qaydalar müəyyənləşdirilir.

Risiklər:

- Avtomobilin mikrofonu daim aktiv qala bilər və fərdi danışiqqlar qeydə alınaraq serverlərə göndərilə bilər.
- Marşrut məlumatları üçüncü tərəf şirkətlərə ötürülərək “rəqəmsal davranış bazarı”nda satıla bilər.
- Biometrik identifikasiya səhvləri hüquqi və şəxsi təhlükələr doğura bilər.

5.3. Süni İntellektin Etik Ölçüsü: Qərarların Məsuliyyəti və İctimai Təsiri

Süni intellekt sistemləri sadəcə avtomatik mexanizmlər deyil; bəzən həyat və ölüm arasındakı fərqi müəyyən edən qərarları verən mexanizmlərdir. Bu, onların etik və hüquqi məsuliyyət daşıyan subyektlərə çevrilməsini zəruri edir. Xüsusilə avtonom idarəetmə sistemləri qeyri-müəyyən və kritik situasiyalarda davranış qərarı verməli olur. (Bonnefon, Shariff & Rahwan, 2016, s. 1574)

Etik dilemma – “Araba problemi” kontekstdə: Avtomobilin əyləc sistemi sıradan çıxır. Qarşıda bir piyada var, digər zolaqda isə başqa bir avtomobil. Süni intellekt hansı yolu seçməlidir? Daha az insan zərər görəcek variantı, yoxsa sürücünün həyatını qorumağı?

Etik yanaşmalar və konsepsiyalar:

- Utilitarizm: Ən çox fayda və ya ən az ziyan yaratmaq əsas meyardır.
- Deontologiya: Nəticədən asılı olmayaraq bəzən bəzi davranışlar qadağandır (məsələn, bilərəkdən bir insana zərər vermək).
- Müqaviləçi etika: Cəmiyyətin konsensusuna əsaslanan qərar mexanizmləri.
- Konsepsional məsuliyyət: AI tərəfindən verilmiş qərarla hüquqi məsuliyyətin kimə aid olduğu sualı – proqramçımı, istehsalçımı, yoxsa sürücüyəmi?

Beynəlxalq yanaşmalar və standartlar:

- IEEE EAD (Ethically Aligned Design): AI sistemlərinin etik çərçivədə dizayn edilməsini təşviq edir.
- AB Süni İntellekt Aktı (AI Act): AI-nin təhlükəli və riskli səviyyələrə görə təsnifatı və nəzarəti.
- Almaniya Etika Komissiyası: Avtonom nəqliyyat vasitələri üçün “minimum zərər” prinsipini tövsiyə edir.

6. NƏTİCƏ

Elektrikli nəqliyyat vasitələri (ENV) ilkin mərhələdə ekoloji dayanıqlılığı təşviq edən bir texnoloji alternativ kimi meydana çıxsada, bu vasitələrin inkişaf trayektoriyası artıq təkcə enerji səmərəliliyi və emissiya azaldılması ilə məhdudlaşmışdır. Əksinə, bu vasitələr süni intellekt və yüksək sürətli internet texnologiyaları ilə integrasiya olunaraq intellektual, adaptiv və şəbəkəyə bağlı rəqəmsal platformalara çevrilməkdədir. Bu transformasiya həm avtomobil sənayesində, həm də ümumilikdə şəhər nəqliyyatı və informasiya infrastrukturalarında kökündən dəyişikliklər yaradır.

Araşdırma nəticəsində aydın olur ki, süni intellekt texnologiyaları ENV-lərin funksionallığını çoxşaxəli şəkildə artırır. Avtonom idarəetmə sistemlərində qavrayış, qərar qəbul etmə və hərəkət planlaşdırma funksiyaları real vaxt rejimində həyata keçirilir. Batareya idarəetmə sistemlərində enerji istifadəsi optimallaşdırılır, sürücülük təcrübəsi fərdiləşdirilir, nasazlıqlar isə proqnozlaşdırıcı modellərlə əvvəlcədən müəyyən edilə bilər. İnternet bağlantısı bu texnologiyaların dinamik şəkildə işləməsinə imkan yaradır: V2X protokolları, OTA yeniləmələri və bulud integrasiyası sayəsində avtomobillər sadəcə istifadəçi reaktivliyinə əsaslanmır, həm də ətraf mühitlə aktiv ünsiyyət qura bilən sistemlərə çevrilir.

Bununla belə, bu inkişaf birtərəfli fayda modeli ilə məhdudlaşmışdır. Əldə olunan funksional üstünlüklərlə yanaşı, kibertəhlükəsizlik riskləri, məlumatların məxfiliyinə dair narahatlıqlar və süni intellektin etik məsuliyyətləri də paralel olaraq artır. AI sistemlərinin qərar vermə mexanizmlərinin şəffaflığı, hesabatlılığı və nəzarətə açıq olması təkcə texnoloji məsələ deyil — bu, hüquqi və sosial zərurətdir. Xüsusilə avtonom idarəetmə ssenarilərində etik dilemmanın (məsələn, insan həyatına dair seçim anları) necə həll ediləcəyi hələ də geniş diskussiya və normativ çərçivə tələb edən sahələrdəndir.

Bu kontekstdə aşağıdakı əsas nəticələr ortaya çıxır:

1. Süni intellekt və internet bağlantısı, elektrikli nəqliyyat vasitələrində artıq əlavə üstünlük deyil, əsas texnoloji sütunlardır.
2. Bu sistemlər yalnız performans deyil, təhlükəsizlik, istifadəçi təcrübəsi və enerji səmərəliliyini də radikal şəkildə dəyişdirir.
3. Təhlükəsizlik və etik məsələlər texniki dizayndan ayrı düşünülməməlidir; multidisiplinar yanaşmalar və tənzimləyici mexanizmlər bu texnologiyaların sosial qəbulunu müəyyən edir.
4. Elektrikli nəqliyyat vasitələrinin gələcəyi təkcə aparat və proqram təminatı ilə deyil, həm də şəbəkə memarlığı və etik idarəetmə çərçivələri ilə formalaşır.

Yekun olaraq demək olar ki, elektrikli nəqliyyat vasitələri təkcə gələcəyin nəqliyyat infrastrukturunu deyil, həm də alqoritmik cəmiyyətlərin əsas iştirakçıları kimi yenidən formalaşır. Onların düzgün istiqamətə inkişafı yalnız texnologiyanın irəliləməsi ilə deyil, eyni zamanda dəyərlər, normativlər və məsuliyyət çərçivəsi ilə təyin olunmalıdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Karpathy, A. (2021). Tesla AI Director Explains Tesla Vision for Autonomous Driving. *Tesla AI Day*.
2. Pendleton, S. D., Andersen, H., Du, X., Shen, X., Meghjani, M., Eng, Y. H., ... & Ang, M. H. (2017). Perception, planning, control, and coordination for autonomous vehicles. *Machines*, 5(1), 6.
3. Molina-Masegosa, R., & Gozalvez, J. (2017). LTE-V for sidelink 5G V2X vehicular communications: A new 5G technology for short-range vehicle-to-everything communications. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 12(4), 30-39.
4. Carvalho, T. P., Soares, F. A., Vita, R., Francisco, R. D. P., Basto, J. P., & Alcalá, S. G. (2019). A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering*, 137, 106024.
5. Waag, W., Fleischer, C., & Sauer, D. U. (2014). Critical review of the methods for monitoring of lithium-ion batteries in electric and hybrid vehicles. *Journal of Power Sources*, 258, 321-339.
6. Kempton, W., & Tomic, J. (2005). Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue. *Journal of Power Sources*, 144(1), 268-279.
7. Parkinson, S., Ward, P., Wilson, K., & Miller, J. (2017). Cyber threats facing autonomous and connected vehicles: Future challenges. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18(11), 2898-2915.
8. Kamleitner, B., & Mitchell, V.-W. (2019). Your car knows too much about you: Consumer privacy concerns about automotive telematics. *Computers in Human Behavior*, 96, 323-332.
9. Bonnefon, J. F., Shariff, A., & Rahwan, I. (2016). The social dilemma of autonomous vehicles. *Science*, 352(6293), 1573-1576.
10. International Organization for Standardization (ISO). (2019). Road vehicles—Vehicle-to-Grid Communication Interface—Part 1: General information and use-case definition (ISO 15118-1:2019).

ABSTRACT

Semina Rustamova
Farhad Rustamov

APPLICATION ISSUES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND INTERNET CONNECTIVITY IN ELECTRIC VEHICLES

This article explores how electric vehicles (EVs) are transforming from simply eco-friendly transportation options to smart and scalable systems with the help of artificial intelligence (AI) and high-speed internet connectivity. AI applications used in areas such as autonomous driving, battery management, driving performance analysis and fault prediction; provide safe and efficient driving conditions by processing camera, LiDAR and radar systems. Internet-based V2X (Vehicle-to-Everything) communication protocols and OTA (Over-the-Air) updates enable real-time data exchange with other vehicles, infrastructure and cloud services. While this approach offers significant

gains in road safety and energy efficiency, it also raises new challenges in cybersecurity, data privacy and ethical responsibility. The article argues that EVs will lead to further transformations in both the transportation sector and digital ecosystems in the future, highlighting the need for enhanced technical and legal regulations to minimize these risks.

Keywords: *Electric vehicles, artificial intelligence (AI), autonomous driving, V2X communication, OTA updates, battery management system, internet, adaptive systems.*

АБСТРАКТНЫЙ

Семина Рустамова

Фархад Рустамов

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ИНТЕРНЕТ-СВЯЗИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

В этой статье рассматривается, как электромобили (ЭМ) превращаются из простых экологических вариантов транспорта в интеллектуальные и масштабируемые системы с помощью искусственного интеллекта (ИИ) и высокоскоростного подключения к Интернету. Приложения ИИ, используемые в таких областях, как автономное вождение, управление аккумуляторными батареями, анализ характеристик вождения и прогнозирование неисправностей; обеспечивают безопасные и эффективные условия вождения за счет обработки данных с камер, лидаров и радиолокационных систем. Интернет-протоколы связи V2X (Vehicle-to-Everything) и обновления OTA (Over-the-Air) позволяют осуществлять обмен данными в режиме реального времени с другими транспортными средствами, инфраструктурой и облачными сервисами. Хотя такой подход обеспечивает значительные преимущества в плане безопасности дорожного движения и энергоэффективности, он также создает новые проблемы в области кибербезопасности, конфиденциальности данных и этической ответственности. В статье утверждается, что электромобили в будущем приведут к дальнейшим преобразованиям как в транспортном секторе, так и в цифровых экосистемах, подчеркивая необходимость усиления технических и правовых норм для минимизации этих рисков.

Ключевые слова: *электромобили, искусственный интеллект (ИИ), автономное вождение, связь V2X, обновления OTA, система управления аккумулятором, интернет, адаптивные системы.*

RƏQƏMSAL İDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİNDƏ ŞƏBƏKƏLƏRİN SÜNİ İNTELLEKT LƏ İDARƏ OLUNMASI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419529>

Fərid HƏSƏNOV

18hesenov18@gmail.com

Azərbaycan Texnologiya Universiteti

XÜLASƏ

Bu məqalədə müasir dövrdə süni intellekt (SI) texnologiyalarının şəbəkə idarəetmə sistemlərində tətbiqinin əhəmiyyəti və potensialı təhlil olunur. XXI əsrdə informasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı nəticəsində rəqəmsal idarəetmə sistemləri daha çevik, avtomatlaşdırılmış və intellektual hala gəlib. Xüsusilə maşın öyrənməsi (ML), dərin öyrənmə (DL) və möhkəmləndirici öyrənmə (RL) kimi SI texnologiyalarının tətbiqi şəbəkələrin idarə edilməsini optimallaşdırır, təhlükəsizliyi artırır və performansını yüksəldir.

Şəbəkə idarəetməsində süni intellektin tətbiqi real vaxt rejimində trafik analizinin aparılması, anomaliyaların aşkarlanması, avtomatik marşrutlaşdırma və xidmət keyfiyyətinin (QoS) idarə olunması kimi funksiyaların daha səmərəli şəkildə yerinə yetirilməsinə imkan verir. Bu texnologiyaların dövlət və özəl sektorlarda tətbiqi rəqəmsal transformasiyanın sürətləndirilməsinə və şəbəkə infrastrukturunun optimallaşdırılmasına şərait yaradır.

Qlobal təcrübə sübut edir ki, süni intellektin şəbəkə idarəetməsinə inteqrasiyası yüksək faydalar verir. Bu texnologiya yalnız məlumat analizini və təhlükəsizliyi təkmilləşdirmir, həm də şəbəkələrin çevikliyini, dayanıqlığını və cavabvermə sürətini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Azərbaycanda da SI-nin şəbəkə idarəetməsində tətbiqi üzrə həyata keçirilən pilot layihələr və genişlənən tədqiqatlar ölkənin texnoloji inkişafında müsbət nəticələr verəcəkdir. Bu yanaşma həmçinin global rəqabət üstünlüyü qazanmaq və intellektual idarəetmə modellərinin tətbiqi baxımından strateji əhəmiyyət daşıyır.

Açar sözlər: Süni intellekt, İnformasiya texnologiyaları, Şəbəkə, RNN, Rəqəmsal inkişaf.

GİRİŞ

XXI əsrdə informasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı dövlət və özəl sektorun idarəetmə metodologiyasını köklü şəkildə dəyişmişdir. Bu dəyişikliklər kontekstində rəqəmsal idarəetmə yeni texnoloji komponentlərlə – xüsusilə şəbəkə texnologiyaları və süni intellekt (AI) ilə sıx şəkildə inteqrasiya olunmağa başlamışdır. Rəqəmsal idarəetmənin əsas sütunlarından biri olan IT şəbəkələrinin effektiv və ağıllı idarə olunması, idarəetmənin sürətini, təhlükəsizliyini və çevikliyini artırmaq baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu məqalədə şəbəkələrin süni intellekt vasitəsilə idarə olunmasının nəzəri əsasları, tətbiq modelləri və praktiki imkanları təhlil olunur.

Rəqəmsal İdarəetmədə Şəbəkə Texnologiyalarının Rolu. Rəqəmsal idarəetmə sistemləri elektron hökumət platformaları, ağıllı şəhər infrastruktur sistemləri, rəqəmsal sənaye və təhsil idarəetmə sistemləri kimi sahələrdə geniş tətbiq olunur. Bu sistemlərin təməlində dayanan şəbəkə infrastrukturunun sabit, çevik və təhlükəsiz işləməsi sistemin ümumi performansına birbaşa təsir göstərir. Ənənəvi şəbəkə idarəetmə modelləri statik və insan müdaxiləsinə bağlı olduğu üçün sürətli dəyişikliklərə cavab verməkdə çətinlik çəkirlər. Bu səbəbdən dinamik, intellektual və öz-özünü optimallaşdırma bilən şəbəkə idarəetmə modellərinə ehtiyac yaranır.

Süni İntellektin Şəbəkə İdarəetməsində Tətbiqi. Rəqəmsallaşmanın artması və şəbəkə infrastrukturlarının daha mürəkkəb formaya düşməsi, ənənəvi idarəetmə metodlarının effektivliyini məhdudlaşdırmışdır. Bu səbəbdən, süni intellekt (AI) texnologiyalarının tətbiqi ilə şəbəkələrin daha ağıllı, çevik və avtomatlaşdırılmış şəkildə idarə olunmasına ehtiyac yaranmışdır. AI texnologiyaları – maşın öyrənməsi (ML), dərin öyrənmə (DL), gücləndirici öyrənmə (RL), təbii dilin işlənməsi (NLP) və digər yanaşmalar – şəbəkə idarəetməsini yeni bir mərhələyə yüksəltmişdir.[1]

Trafik Analizi və Proqnozlaşdırma. Süni intellekt əsaslı trafik idarəetmə modelləri real vaxt rejimində şəbəkə trafikini izləyərək, yüklənmə səviyyələrini analiz edir və gələcəkdə baş verə biləcək tıxacları əvvəlcədən proqnozlaşdırır. Maşın öyrənmə alqoritmləri şəbəkə trafikindən toplanan məlumatları təhlil edərək, tipik davranış nümunələri öyrənir və anormal vəziyyətləri aşkar edir. Bu yanaşma şəbəkə performansını artırır və istifadəçi təcrübəsini yaxşılaşdırır.

Misal üçün, Recurrent Neural Network (RNN) modelləri şəbəkə trafikində zamanla baş verən dəyişiklikləri öyrənərək, gələcək trafik davranışlarını dəqiqliklə proqnozlaşdırmaq üçün istifadə olunur.

Avtomatlaşdırılmış Yönləndirmə və QoS İdarəetməsi. Ənənəvi yönləndirmə sistemləri statik və ya məhdud adaptivliyə malik olduğu halda, süni intellekt yönləndirmə qərarlarını real vaxtlı analiz və öyrənmə nəticələri əsasında verir. Məsələn, şəbəkənin hansı segmentində daha az yüklənmə olduğunu aşkar edib, marşrutları avtomatik olaraq həmin istiqamətə yönləndirə bilər.

Bundan əlavə, QoS (Quality of Service) idarəetməsi də süni intellekt vasitəsilə daha dinamik və səmərəli şəkildə tənzimlənir. Fərqli istifadəçi və tətbiqlər üçün uyğun prioritetlər avtomatik təyin olunur. Nəticədə videozənglər, real vaxt oyunları və digər həssas xidmətlər üçün gecikmələr minimuma endirilir.

Anomaliyaların Aşkarlanması və Kibertəhlükəsizlik. Şəbəkə idarəetməsində təhlükəsizlik məsələləri mühüm əhəmiyyət daşıyır. Süni intellekt sistemləri şəbəkə trafikini analiz edərək normal davranış modelini öyrənir və bu modelə uyğun olmayan hər hansı fəaliyyəti anomaliya kimi tanıya bilər. Bu, istər daxili nasazlıqlar, istərsə də xarici hücumlar (məsələn, DDoS, phishing, malware yayılması və s.) zamanı erkən xəbərdarlıq sisteminin qurulmasına imkan verir.

Burada Anomaly Detection, Support Vector Machines (SVM), Autoencoders kimi metodlardan geniş istifadə olunur. Bu texnologiyalar şəbəkədə baş verən hər bir hadisənin analizini apararaq təhlükələrin vaxtında qarşısını almağa kömək edir.

Avtomatik Özünü İdarəetmə və Özünü Bərpa Etmə. Gələcəyin ağıllı şəbəkələrinin əsas xüsusiyyətlərindən biri öz-özünü idarə etmə (self-managing) və özünü bərpa etmə (self-healing) funksiyaları olacaq. Süni intellektlə işləyən idarəetmə sistemləri, nasazlıq və ya infrastruktur dəyişikliyi zamanı insan müdaxiləsinə ehtiyac duymadan:

- Problemlə komponentləri aşkarlayır
- Alternativ həll yollarını analiz edir
- Yeni şəbəkə konfigurasiyası təklif edir və tətbiq edir
- Şəbəkəni bərpa edərək normal işləmə rejiminə qaytarır

Məsələn, Reinforcement Learning (RL) əsaslı agentlər davamlı öyrənmə vasitəsilə hər bir qərarın nəticəsini qiymətləndirərək gələcəkdə daha optimal idarəetmə addımları atır. Bu, şəbəkənin dayanıqlığını və işləmə davamlılığını artırır.

Süni intellekt texnologiyalarının şəbəkə idarəetməsində tətbiqi idarəetməni avtomatlaşdırır, optimallaşdırır və təhlükəsizliyi artırır. Müasir idarəetmə sistemləri süni intellektin köməyi ilə proaktiv yanaşma tətbiq edir – yəni yalnız problemi həll etmir, həm də onun qarşısını əvvəlcədən alır. Bu yanaşma, xüsusilə böyük həcmli dövlət və korporativ şəbəkələr üçün strateji əhəmiyyət daşıyır.[3]

Müxtəlif AI modelləri və yanaşmaları tətbiq edilir:

a) SDN (Software-Defined Networking) + Süni İntellekt

SDN arxitekturası idarəetməni data və control layer-lara bölərək mərkəzləşdirilmiş idarəetməni təmin edir. Sİ bu idarəetməyə əlavə intellektual qərarvermə gücü verir.

b) Intent-Based Networking (IBN)

İstifadəçinin niyyətinə əsasən avtomatik olaraq şəbəkənin öz-özünə konfigurasiya olunması. Bu modeldə süni intellekt əsas qərar verici rolu oynayır.

c) AI-ops

IT əməliyyatlarında Sİ istifadə olunaraq insansız monitoring, analiz və hadisə idarəetməsi təmin olunur.

Praktiki Tətbiq İmkanları və Nümunələr. Süni intellekt texnologiyalarının şəbəkə idarəetməsində tətbiqi yalnız nəzəri konsepsiya olmaqdan çıxaraq, artıq dünyanın müxtəlif ölkələrində və qabaqcıl texnoloji şirkətlərində geniş şəkildə tətbiq olunmağa başlanmışdır. Həm kommersiya məqsədli qurumlar, həm də dövlətlər rəqəmsal transformasiya strategiyalarına süni intellektin şəbəkə idarəetməsi sahəsində tətbiqini daxil etmişlər.

Global Korporasiyalarda Süni İntellektin Tətbiqi. Cisco şirkətinin təqdim etdiyi AI Network Analytics platforması, şəbəkənin real vaxt rejimində analizini həyata keçirməklə yanaşı, anormal halları proqnozlaşdırmaq, xəta mənbələrini təyin etmək, və avtomatik optimallaşdırma qərarları vermək qabiliyyətinə malikdir. Bu sistem,

istifadəçilərin davranış nümunələrini öyrənərək, xidmət keyfiyyətini (QoS) artırmaq və gecikmələrin qarşısını almaq üçün marşrutlaşdırma qərarlarını intellektual şəkildə dəyişir.

Juniper Networks tərəfindən yaradılan Mist AI platforması, xüsusilə Wi-Fi və LAN şəbəkələrinin avtomatik optimallaşdırılması və idarə olunması üçün nəzərdə tutulmuşdur. Platforma süni intellekt vasitəsilə istifadəçilərin davranışlarını və cihazların fəaliyyətini təhlil edir, bunun əsasında real vaxtda parametrləri dəyişdirir, problemlərin əsas səbəblərini müəyyən edir və müdaxilə etmədən öz-özünə həll yolları təklif edir.

Mist AI həm də sıfır toxunuşla konfigurasiya (zero-touch provisioning) və özünü bərpa edən şəbəkə infrastrukturunu üçün tətbiq olunan qabaqcıl yanaşmalardan biridir.

Çində müxtəlif şəhərlərdə tətbiq olunan “ağıllı şəhər” layihələri çərçivəsində, süni intellekt əsaslı şəbəkə sistemləri geniş istifadə olunur. [7]

Məsələn:

- Trafik idarəetməsi: AI əsaslı kameralar və sensorlar vasitəsilə nəqliyyat axınları analiz edilir, sıxlıq olan ərazilər müəyyən edilir və işıqforlar avtomatik olaraq uyğun şəkildə tənzimlənir.
- İctimai təhlükəsizlik: Şəbəkə ilə əlaqəli nəzarət sistemləri şübhəli davranışları aşkarlamaq üçün görüntü analiz alqoritmlərindən istifadə edir.

Sinqapurun “**Smart Nation**” təşəbbüsü çərçivəsində şəbəkə əsaslı süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi dövlət idarəetməsinin rəqəmsallaşdırılması ilə yanaşı, vətəndaşların gündəlik həyatını da asanlaşdırır:

- Ağıllı nəqliyyat sistemləri: real vaxt rejimində avtobus və metro marşrutlarının şəbəkə əsaslı idarə olunması
- Enerji idarəetməsi: binaların enerji sərfiyyatı AI əsaslı sistemlər vasitəsilə optimallaşdırılır
- e-Health və e-Government xidmətləri: vətəndaş xidmətlərinin avtomatik və adaptiv idarə olunması

Amazon Web Services (AWS), bulud əsaslı şəbəkə idarəetməsi və məlumat mərkəzi əməliyyatları üçün süni intellekt əsaslı avtomatlaşdırılmış şəbəkə idarəetmə həlləri təklif edir. AWS AI alətləri, şəbəkə trafiki və bulud xidmətləri arasında müvafiq uyğunluğu təmin edir, avtomatik səhv aşkarlanması və proqnozlaşdırıcı təhlil vasitəsilə şəbəkə performansını artırır.

Bulud şəbəkələri, şəbəkə təhlükəsizliyi, avtomatlaşdırılmış şəbəkə idarəetməsi, xidmət keyfiyyətinin artırılması sahələrində tətbiq edilir.

Azərbaycanda Tətbiq İmkanları və Perspektivlər. Azərbaycanda son illərdə həyata keçirilən “Rəqəmsal Transformasiya”, “Dövlət İnformasiya Resurslarının və Sistemlərinin İnkişafı Strategiyası” və “2022–2026-cı illər üzrə Rəqəmsal İnkişaf və Nəqliyyat Nazirliyinin Yol Xəritəsi” kimi sənədlər, süni intellektin idarəetmə sahələrində tətbiqinin dövlət siyasətinə daxil olduğunu göstərir. [6]

Bu strategiyalar çərçivəsində aşağıdakı istiqamətlər üzrə şəbəkələrin süni intellektlə idarə olunması üzrə pilot layihələr həyata keçirilə bilər:

- Rəqəmsal dövlət sistemləri: Dövlət xidmətlərinin göstərildiyi e-hökumət platformalarının şəbəkə infrastrukturunun avtomatik idarə olunması.
- İctimai nəqliyyat və yol hərəkəti sistemləri: Bakı şəhərində trafik idarəetməsi və sıxlıq analizlərinin AI əsaslı həyata keçirilməsi.
- Ağıllı şəhər layihələri: Gəncə, Sumqayıt və digər şəhərlərdə ağıllı nəzarət, enerji və su idarəetməsi sistemlərinin qurulması.
- İnformasiya təhlükəsizliyi: Dövlət qurumlarının şəbəkələrində anomaliya aşkarlayan və hücumları proqnozlaşdıran AI sistemlərinin tətbiqi.

Bu layihələr Elm və Təhsil Nazirliyi, Rəqəmsal İnkişaf və Nəqliyyat Nazirliyi, AzInTelecom və AzScienceNet kimi qurumların əməkdaşlığı ilə reallaşdırıla bilər.

Süni intellektin şəbəkə idarəetməsində tətbiqi artıq real və tətbiq olunan bir texnologiyadır. Qlobal təcrübə göstərir ki, bu texnologiyalar çeviklik, qənaət, təhlükəsizlik və istifadəçi məmnuniyyətini artırır. Azərbaycan da bu istiqamətdə pilot layihələrə başlayaraq, regionda qabaqcıl rəqəmsal idarəetmə modeli qura bilər.

Nəticə. Rəqəmsal idarəetmə sistemlərinin effektivliyi üçün IT şəbəkələrinin ağıllı idarə olunması kritik bir rol oynayır. İnformasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı və rəqəmsal dünyada hərəkət edən məlumat axınının artması, şəbəkələrin daha dinamik və çevik şəkildə idarə edilməsini zəruri edir. Süni intellektin bu sahəyə inteqrasiyası ilə şəbəkələr, yalnız daha avtomatlaşdırılmış, optimal və təhlükəsiz hala gəlmir, həm də təcili qərarların qəbul edilməsini təmin edir, problemləri erkən mərhələdə aşkarlayır və bu problemləri operativ şəkildə həll edir.

Süni intellektin IT şəbəkə idarəetməsinə tətbiqi ilə trafik analizi, anomaliyalarla mübarizə, avtomatik yönləndirmə və QoS təminatı kimi funksiyalar daha səmərəli şəkildə idarə olunmağa başlanır. Bu texnologiyalar həm dövlət idarəetməsində, həm də özəl sektorda şəbəkə infrastrukturunun optimallaşdırılmasına və ümumilikdə rəqəmsal transformasiyanın sürətləndirilməsinə imkan yaradır. Süni intellektin tətbiqi, sadəcə məlumatların təhlilini və təhlükəsizliyini artırmaqla yanaşı, şəbəkələrin çevikliyini, dayanıqlılığını və reaksiya sürətini əhəmiyyətli dərəcədə inkişaf etdirir.

Nəticə etibarilə, süni intellektin şəbəkə idarəetməsinə inteqrasiyası həm dövlət, həm də özəl sektor üçün təkcə rəqəmsal transformasiyanı sürətləndirməklə yanaşı, qlobal səviyyədə rəqabət üstünlüyü yaratmaq və ağıllı idarəetmə yanaşmalarını tətbiq etmək baxımından əhəmiyyətlidir. Azərbaycanda da bu istiqamətdəki tədqiqatların və pilot layihələrin davamlı olaraq genişləndirilməsi, ölkənin texnoloji inkişafında müsbət nəticələr doğuracaqdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Balayev R.Ə., Əlizadə M.N., Musayev İ.K. ,İntellektual Sistemlər Və Texnologiyalar, Bakı 2016
2. J. C. L. Leung, W. K. Fung."The Smart City: A Strategic Approach"
3. Leila S. Hoteit."ICT for Sustainable Development: Emerging Issues and Future Directions"
4. Melanie Mitchell."Artificial Intelligence: A Guide for Thinking Humans
5. S. P. Ghosh, A. Jain, R. R. S. P. Singh."AI and Machine Learning for Network and Security Management"
6. Vusal Mammadov, Elchin Mammadov."Digital Transformation in Emerging Economies: The Case of Azerbaijan"
7. Zubair Baig, Naseer Ahmed."AI for Smart Cities: Applications, Solutions, and Challenges"

SUMMARY

Farid Hasanov

ARTIFICIAL INTELLIGENCE MANAGEMENT OF NETWORKS IN DIGITAL CONTROL SYSTEMS

This article analyzes the significance and potential of artificial intelligence (AI) applications in network management technologies in the modern era. With the rapid development of information technologies in the 21st century, digital governance systems have become more agile, automated, and intelligent. Specifically, the use of AI technologies, such as machine learning (ML), deep learning (DL), and reinforcement learning (RL), optimizes network management, enhances security, and improves network performance.

The application of AI in network management enables more efficient execution of functions like real-time traffic analysis, anomaly detection, automatic routing, and Quality of Service (QoS) management. The implementation of these technologies in both public and private sectors allows for the acceleration of digital transformation and optimization of network infrastructures.

Global practices demonstrate the high benefits of integrating AI into network management. This technology not only enhances data analysis and security but also significantly improves the agility, resilience, and response speed of networks. In Azerbaijan, the implementation of AI in network management, through various pilot projects and expanded research, will lead to positive outcomes in the country's technological development. This approach also holds strategic importance for gaining a competitive advantage globally and applying intelligent management models.

Keywords: *Artificial Intelligence, Information Technology, Network, RNN, Digital Development.*

PE3IOME

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЯМИ В ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

В данной статье анализируется значимость и потенциал применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в управлении сетями в современную эпоху. С быстрым развитием информационных технологий в XXI веке системы цифрового управления стали более гибкими, автоматизированными и интеллектуальными. В частности, использование технологий ИИ, таких как машинное обучение (ML), глубокое обучение (DL) и усиленное обучение (RL), оптимизирует управление сетями, повышает безопасность и улучшает производительность сетей.

Применение ИИ в управлении сетями позволяет более эффективно выполнять функции, такие как анализ трафика в реальном времени, обнаружение аномалий, автоматическое маршрутизирование и управление качеством обслуживания (QoS). Реализация этих технологий как в государственном, так и в частном секторе позволяет ускорить цифровую трансформацию и оптимизацию инфраструктуры сетей.

Мировая практика демонстрирует высокие преимущества интеграции ИИ в управление сетями. Эта технология не только улучшает анализ данных и безопасность, но также значительно повышает гибкость, устойчивость и скорость отклика сетей. В Азербайджане внедрение ИИ в управление сетями через различные пилотные проекты и расширенные исследования приведет к положительным результатам в технологическом развитии страны. Этот подход также имеет стратегическое значение для получения конкурентных преимуществ на глобальном уровне и применения моделей интеллектуального управления.

Ключевые слова: искусственный интеллект, информационные технологии, сеть, рекуррентные нейронные сети, цифровое развитие.

MÜASİR KƏND TƏSƏRRÜFATINDA SU İSTİFADƏSİNİN EFFEKTİVLİYİNİN ARTIRILMASINDA SÜNİ İNTELLEKTİN ROLU

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419537>

Feyruz SULTANLI¹

feyruzsultanli@icloud.com

ORCID ID: 0009-0006-1536-4837

İsmayıl SULTANLI²

sultanovan82@yahoo.com

ORCID ID: 0009-0006-9346-7305

¹Kompüter Mühəndisliyi Kafedrası, Elektrik və Elektronika Fakültəsi, Yıldız Texniki Universiteti, İstanbul, Türkiyə

²Kompüter Elmləri Kafedrası, İnformasiya Texnologiyaları və Elektrik Mühəndisliyi Fakültəsi, Norveç Elm və Texnologiya Universiteti (NTNU), Trondheim, Norveç

XÜLASƏ

Müasir global kənd təsərrüfatı sektoru su çatışmazlığının artması, iqlim dəyişiklikləri, torpaq degradasiyası və artan dünya əhalisinin qidaya olan ehtiyaclarını ödəmək üçün məhsuldarlığın artırılması kimi mürəkkəb təhdid və çağırışlarla qarşı-qarşıyadır. Bu kontekstdə, süni intellekt (Sİ) xüsusilə dayanıqlı kənd təsərrüfatı təcrübələri üçün həyati əhəmiyyət daşıyan suvarma sistemlərinin optimallaşdırılmasında mühüm rol oynayır. Süni intellekt resursların daha səmərəli bölüşdürülməsinin təmin edilməsində, kənd təsərrüfatı məhsuldarlığını dəqiq proqnozlaşdırılması və zərərvericilərlə mübarizənin effektiv şəkildə idarə edilməsində əvəzolunmaz alətə çevrilir. Bu istiqamətdə aparılan tədqiqatlar süni intellektin kənd təsərrüfatında real tətbiqlərinə dair dəyərli məlumatlar təqdim edir və fermerlərin üzləşdiyi əsas çətinlikləri – yüksək ilkin xərclər, məhdud texnoloji biliklər və məlumat təhlükəsizliyi ilə bağlı narahatlıqları vurğulayır. Məqalədə müasir suvarma idarəçiliyində Sİ texnologiyalarının mövcud və potensial tətbiqləri ətraflı şəkildə təhlil olunur.

Açar sözlər: Süni intellekt, dəqiq suvarma, kənd təsərrüfatı texnologiyaları, resursların idarə olunması, məhsuldarlığın proqnozlaşdırılması, dayanıqlı kənd təsərrüfatı

Giriş

Kənd təsərrüfatı dünyada şirin su ehtiyatlarının təxminən 70%-ni istehlak edən sahə olaraq, global miqyasda su resurslarının idarə olunmasında mühüm rol oynayır. Bununla belə, ənənəvi və qeyri-səmərəli suvarma üsulları geniş miqyasda su itkisinə, torpaqların degradasiyasına və kənd təsərrüfatı məhsuldarlığının azalmasına səbəb olmuşdur (Del-Coco, 2024, p. 306). Son illərdə iqlim dəyişikliklərinin təsiri ilə xüsusilə quraq və yarı-quraq ərazilərdə – o cümlədən Azərbaycanda quraqlıq, ekstremal hava hadisələrinin intensivləşməsi müşahidə olunur. Bu kontekstdə, kənd təsərrüfatında su resurslarının daha ağıllı və effektiv istifadəsini təmin etmək üçün yeni texnologiyaların tətbiqi zərurətə çevrilmişdir. Süni intellekt (Sİ), İnternet of Things (IoT – Əşyaların İnterneti), uzaqdan zondlama texnologiyaları və geoinformasiya sistemləri kimi müasir yanaşmaların suvarma sistemlərinə inteqrasiyası, kənd təsərrüfatında transformativ dəyişikliyin əsas aparıcı qüvvələrindən biridir. Xüsusilə süni intellektə əsaslanan maşın öyrənməsi (ML), dərin öyrənmə (DL) və proqnozlaşdırıcı analitik modellər, torpağın nəmlik sensorlarından, hava proqnozlarından, peyk görüntülərindən və bitki

sağlamlığı indekslərindən real vaxtda alınan məlumatları təhlil edərək, suvarma prosesini avtomatlaşdırmağa və optimallaşdırmağa imkan verir. Bu texnologiyalar su itkisini minimuma endirməyə, məhsuldarlığı artırmağa və ətraf mühitə təsirləri azaltmağa xidmət edir. Qeyd etmək lazımdır ki, Azərbaycan coğrafi baxımdan seysmik aktivlik və hidrometeoroloji dəyişkənlik baxımından həssas bir bölgədə yerləşir. Ölkədə kənd təsərrüfatı iqtisadiyyatın strateji sahələrindən biri olmaqla yanaşı, su ehtiyatlarının düzgün idarə olunması üçün də ciddi çağırışlarla üz-üzədir. Tarixi olaraq ənənəvi suvarma infrastrukturuna əsaslanarsa da, son illər ərzində rəqəmsallaşma və ağıllı kənd təsərrüfatı texnologiyalarına keçid strategiyaları formalaşmaqdadır. Belə bir şəraitdə, süni intellektin suvarma sistemlərinin təkmilləşdirilməsi sahəsində tətbiq imkanlarının öyrənilməsi, həm qlobal miqyasda, həm də lokal (Azərbaycan kontekstində) səviyyədə strateji əhəmiyyət kəsb edir. Tədqiqatın məqsədi kənd təsərrüfatında, xüsusilə də suvarma sistemlərində süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının tətbiq imkanlarını qiymətləndirmək, Sİ istifadə etməklə suya qənaət, suvarma rejiminin optimallaşdırılması, məhsul itkisinə qarşı qabaqlayıcı tədbirlərin görülməsi və fermerlər üçün məlumat əsaslı qərarların qəbulunu necə asanlaşdırdığını təhlil etmək olmuşdur.

Material və metodlar

Tədqiqat metodologiyası qarışıq yanaşma (mixed-methods approach) çərçivəsində formalaşdırılmışdır. Həm keyfiyyət, həm də kəmiyyət məlumatlarının təhlilinə əsaslanan bu yanaşma mövcud Sİ texnologiyalarının suvarma idarəçiliyindəki rolunu daha geniş və əhatəli şəkildə anlamağa imkan vermişdir. Web of Science, Scopus, Google Scholar və ScienceDirect kimi elmi bazalarda 2019–2024-cü illər arasında nəşr olunan, süni intellektin kənd təsərrüfatında, xüsusilə suvarma sahəsində tətbiqlərini əhatə edən məqalələr təhlil edilmişdir. İkincili məlumatların alınmasında FAO, World Bank, Azərbaycan Kənd Təsərrüfatı Nazirliyi və Meliorasiya və Su Təsərrüfatı ASC kimi qurumların rəsmi hesabatları və statistik göstəricilərindən istifadə olunmuşdur. Vəziyyət təhlili (case study) üçün Azərbaycan, İsrail və Hindistan kimi müxtəlif iqlim zonalarında tətbiq olunan ağıllı suvarma texnologiyalarının müqayisəli analizi aparılmışdır. Peyk görüntüləri və torpaq nəmlik xəritələri vasitəsilə suvarma bölgələrinin effektivliyi vizual olaraq qiymətləndirilmişdir. Bu tədqiqat əsasən mövcud ədəbiyyata və ikincili məlumatlara əsaslandığı üçün real vaxtda aparılan sahə sınaqları ilə dəstəklənməmişdir. Gələcəkdə empirik tədqiqatlarla süni intellekt texnologiyalarının spesifik agro-ekoloji şəraitlərdə effektivliyi daha dəqiq qiymətləndirilə bilər.

Tədqiqatın nəticələri və onların müzakirəsi

Qarışıq metodologiyaya əsaslanan bu tədqiqat, süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının suvarma idarəçiliyindəki effektivliyini həm kəmiyyət, həm də keyfiyyət göstəriciləri ilə qiymətləndirməyə imkan vermişdir. Əldə olunan nəticələrə əsasən, Sİ texnologiyalarının tətbiqi suvarma sistemlərinin optimallaşdırılmasında əhəmiyyətli rol oynayır. Bu texnologiyalar su və enerji sərfiyyatının azaldılması, məhsuldarlığın artırılması və suvarma planlarının daha düzgün tərtib edilməsi kimi mühüm üstünlüklər təqdim edir. Məsələn, Vallejo-Gómez et al. (2023) tərəfindən aparılan tədqiqatda sensor əsaslı mikro suvarma sistemlərinin günəş enerjisi ilə işləyən Sİ alqoritmləri vasitəsilə optimallaşdırılması nəticəsində həm su, həm də enerji qənaətinə nail olunmuşdur. Bu yanaşma, xüsusilə resursların məhdud olduğu bölgələr üçün vacib perspektivlər təqdim etmişdir (Vallejo-Gómez, 2023, p.342). Bundan əlavə, Sami et al. (2024) tərəfindən təqdim edilən sistemli icmalda vurğulanır ki, Sİ əsaslı qərar dəstək sistemləri torpaq

nəmlik səviyyələrini və hava şəraitini analiz edərək suvarma dövrlərini optimallaşdırır və kənd təsərrüfatında su itkilərini əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa imkan verir (Sami, 2022, p.212). Mohammed və Hamdoun (2023) öz araşdırmasında qeyd edirlər ki, peyk görüntüləri və real vaxtda torpaq məlumatlarının Sİ ilə integrasiyası vasitəsilə aqro-ekoloji fərqliliklər nəzərə alınaraq fərdiləşdirilmiş suvarma strategiyaları hazırlanmışdır (Mohammed, 2023, p. 1081). Eyni zamanda, Gaitan et al. (2025) tərəfindən həyata keçirilən pilot layihələrdə Sİ ilə integrasiya olunmuş avtomatlaşdırılmış suvarma sistemləri torpaq sensorlarından daxil olan məlumatlara əsasən gündəlik suvarma qərarlarını müstəqil şəkildə qəbul etmişdir (Gaitan, 2025). Bu, insan faktorundan asılılığı azaldaraq sistemlərin etibarlılığını artırmışdır. Elshaikh et al. (2024) və onun əməkdaşları tərəfindən aparılan tədqiqatda süni intellekt və maşın öyrənməsi modellərinin istifadəsi ilə kənd təsərrüfatında suvarma idarəsinin avtomatlaşdırılması araşdırılmışdır (Elshaikh, 2021, p. 176). Sensorlardan toplanan torpaq nəmlik, hava temperaturu və yağıntı məlumatları əsasında qidalanan qərar dəstəkləyici sistemlər torpağın su ehtiyacını proqnozlaşdırır. Modellərin R^2 dəqiqlik göstəriciləri 0.9-dan yuxarı olmuşdur ki, bu da onların praktik istifadəyə uyğun olduğunu göstərir. Akanbi et al. (2025) və onun əməkdaşları tərəfindən aparılan araşdırma süni intellektin dərin öyrənmə (deep learning) texnikalarının istifadə edilməsi ilə suvarma planlamasının daha dəqiq həyata keçirilməsini təqdim edir (Akanbi, 2025, p. 51). Xüsusilə Convolutional Neural Networks (CNN) və LSTM (Long Short-Term Memory) modelləri iqlim və torpaq məlumatları əsasında gələcək su tələbatını proqnozlaşdırmaq üçün tətbiq olunmuşdur. Bu yanaşma su ehtiyatlarının idarə olunmasında daha yüksək səmərəlilik təmin etmişdir. Rahul et al. (2022) öz araşdırmalarında Sİ-nin peyk görüntüləri və dron texnologiyaları ilə integrasiyası əsasında torpaq nəmlik zonalarının xəritələndirilməsi və suvarma qərarlarının optimallaşdırılması nəzərdən keçirilmişdir. Nəticələr göstərmişdir ki, belə sistemlər torpağın su tutma qabiliyyətinə əsaslanan suvarma müddətlərini və bölgələrini fərdiləşdirməyə imkan verir (Rahul, 2022, p. 544). Bu da suya qənaət və məhsuldarlıq baxımından əhəmiyyətli nəticələr vermişdir. Yousaf et al. (2021) və onun əməkdaşları tərəfindən aparılan tədqiqatda real vaxtda işləyən IoT əsaslı suvarma sistemi ilə Sİ texnologiyasını birləşdirərək bitkilərin su ehtiyacını avtomatik şəkildə müəyyənləşdirən bir model təklif edilmişdir (Yousaf, 2023). Sistem torpaq nəmlik sensorları və hava məlumatları əsasında suvarma qərarlarını özü qəbul edir və operatora ehtiyac olmadan işini davam etdirir. Bu texnologiya xüsusilə kiçik fermer təsərrüfatları üçün uyğun görülür. Yousaf et al. (2024) tədqiqatlarında vurğulanır ki, aqro-meteoroloji məlumatların və süni intellekt alqoritmlərinin integrasiyası suvarma rejimlərinin daha effektiv planlanmasına imkan verir. Modellər, əsasən kənd təsərrüfatı məhsullarının inkişaf mərhələlərini və iqlim proqnozlarını nəzərə alaraq fərdi bitki növləri üçün uyğun suvarma cədvəlləri qurur. Sistem su stressinə qarşı erkən xəbərdarlıq funksiyası ilə əlavə olaraq, bitkilərin kritik inkişaf mərhələlərində optimal su təminatını təmin edir. Alimlər tərəfindən təklif olunan bu yanaşma, xüsusilə resursların məhdud olduğu regionlarda — məsələn, quraq və yarımsəhra iqlimlərində — su itkilərini minimuma endirməyə və məhsul keyfiyyətini artırmağa kömək edir. Sistem peyk görüntüləri, yer səthi müşahidələri və IoT sensorlarından əldə edilən məlumatları analiz edərək, hər bir sahə üçün fərdi suvarma strategiyası hazırlayır. Bu, həm də qərar qəbul edən orqanlara su resurslarının daha strateji bölüşdürülməsinə imkan verir və kənd təsərrüfatı sektorunda suyun səmərəli istifadəsinə töhfə verir. Ədəbiyyat icmal və praktik nümunələrin təhlili göstərmişdir ki, Sİ əsaslı suvarma sistemləri ənənəvi metodlarla müqayisədə 20–40% daha az su sərf edir. Xüsusilə torpağın nəmlik sensorlarından və hava proqnozlarından real vaxtda alınan məlumatlara əsaslanan modellər torpağın faktiki su ehtiyacını daha dəqiq müəyyənləşdirərək, suyun

israfinın qarşısını alır. Azərbaycan, İsrail və Hindistan kimi ölkələrin müqayisəli təhlili göstərmişdir ki, müxtəlif iqlim zonalarında Sİ əsaslı texnologiyaların tətbiqi spesifik coğrafi və iqlim şəraitinə uyğun fərqlənir. Məsələn, Hindistanda tətbiq edilən AI əsaslı "FarmBeats" sistemləri bir mövsüm ərzində su sərfiyyatını 30%-ə qədər azaltmışdır (Microsoft Research, 2025). Süni intellekt sistemləri yalnız suvarma cədvəllərini optimallaşdırmaqla kifayətlənmir, həm də bitki böyümə mərhələləri, xəstəlik riski və stress faktorlarını təhlil edərək kənd təsərrüfatı məhsullarının sağlamlığına nəzarət imkanı yaradır. Bu isə məhsul itkisini azaltmaqla, fermerlərin gəlirlərini artırmağa şərait yaradır. Azərbaycanda sınaqdan keçirilmiş pilot layihələrdə (məsələn, Göyçay və Şəki bölgələrində) süni intellektə əsaslanan suvarma sensorları vasitəsilə məhsuldarlığın 15–20% artdığı müşahidə olunmuşdur. Maşın öyrənməsi modelləri iqlim dəyişkənlikləri, torpaq və bitki növləri üzrə proqnozlar hazırlamaqla, fermerlərin riskləri əvvəlcədən müəyyənləşdirməsinə imkan yaradır. Bu texnologiyalar, su çatışmazlığı, quraqlıq və zərərverici hücumlarına qarşı qabaqlayıcı tədbirlərin görülməsini stimullaşdırır. Bu xüsusiyyət, xüsusilə iqlim baxımından dəyişkən olan Azərbaycanın yarı-quraq əraziləri üçün strateji əhəmiyyət daşıyır. Sİ texnologiyalarının kənd təsərrüfatında tətbiqi təkcə ekoloji deyil, həm də iqtisadi və sosial baxımdan müsbət nəticələr verir. Su sərfiyyatının azalması həm kommunal xərcləri azaldır, həm də su ehtiyatlarının daha ədalətli bölüşdürülməsinə şərait yaradır. Bundan əlavə, rəqəmsal kənd təsərrüfatı texnologiyalarının tətbiqi kənd yerlərində innovasiya mədəniyyətini gücləndirir və gənc aqronomlar üçün yeni imkanlar yaradır. Lakin tədqiqat nəticələri onu da göstərmişdir ki, bu texnologiyaların geniş tətbiqi müəyyən çətinliklərlə müşayiət olunur. Azərbaycan şəraitində əsas problemlər arasında aşağıdakılar qeyd edilə bilər:

- İnternet bağlantısının kənd ərazilərində zəif olması;
- Fermerlər arasında texnoloji savadlılığın aşağı səviyyədə olması;
- Sİ texnologiyalarının yüksək ilkin quruluş və avadanlıq xərcləri;
- Məlumatların təhlükəsizliyi və idarə olunması ilə bağlı problemlər.

Ümumiyyətlə, əldə edilən nəticələr təsdiq edir ki, süni intellekt kənd təsərrüfatında suvarma sistemlərinin daha dayanıqlı, effektiv və çevik şəkildə idarə olunması üçün perspektivli bir alətdir. Bununla belə, texnologiyanın uğurla tətbiq edilməsi üçün yalnız texniki həllər deyil, həm də institusional və sosial yanaşmalar tələb olunur. Dövlət dəstəyi, fermerlərin maarifləndirilməsi və texnoloji infrastrukturun təkmilləşdirilməsi bu sahədə inkişaf üçün vacib şərtlərdir. Eyni zamanda gələcək tədqiqatlarda real şəraitdə aparılan təcrübələr nəticəsində Sİ sistemlərinin müxtəlif aqro-ekoloji zonalarda effektivliyi daha obyektiv qiymətləndirilə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Akanbi, M. B., Adedotun, K. J., Banjoko, I. K., & Raji, A. K. (2025). Optimizing Water Resource Management in Agriculture Using AI-Powered Solar Irrigation Systems. *African Journal of Agricultural Research*, 20(2), 51–60. <https://doi.org/10.5897/AJAR2025.16084> [ResearchGate](#)
2. Del-Coco, M., Leo, M., & Carcagnì, P. (2024). Machine Learning for Smart Irrigation in Agriculture: How Far along Are We? *Information*, 15(6), 306. <https://doi.org/10.3390/info15060306> [MDPI](#)

3. Elshaikh, A. E., Elsheikh, E. A. E., & Mabrouki, J. (2024). Applications of Artificial Intelligence in Precision Irrigation. *Journal of Environmental & Earth Sciences*, 6(2), 176–186. <https://doi.org/10.30564/jees.v6i2.6679> [ResearchGate](#)
4. Gaitan, N. C., Batinas, B. I., Ursu, C., & Crainiciuc, F. N. (2025). Integrating Artificial Intelligence into an Automated Irrigation System. *Sensors*, 25(4), 1199. <https://doi.org/10.3390/s25041199> [MDPI](#)
5. Microsoft Research. (n.d.). FarmBeats: AI, Edge & IoT for Agriculture. Retrieved April 10, 2025, from <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/farmbeats-iot-agriculture/> [Microsoft](#)
6. Mohammed, M., Hamdoun, H., & Sagheer, A. (2023). Toward Sustainable Farming: Implementing Artificial Intelligence to Predict Optimum Water and Energy Requirements for Sensor-Based Micro Irrigation Systems Powered by Solar PV. *Agronomy*, 13(4), 1081. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041081> [MDPI](#)
7. Rahul, N., Sumathi, S., Rajaprabu, S., Prawin Kumar, J., & Varthish, R. (2022). IoT-Based Smart Irrigation System Using Artificial Intelligence. *International Journal for Research Trends and Innovation*, 7(12), 544–548. <https://www.ijrti.org/papers/IJRTI2212081.pdf> [IJRTI](#)
8. Sami, M., Khan, S. Q., Khurram, M., Farooq, M. U., Anjum, R., Aziz, S., Qureshi, R., & Sadak, F. (2022). A Deep Learning-Based Sensor Modeling for Smart Irrigation System. *Agronomy*, 12(1), 212. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010212> [MDPI](#)
9. Vallejo-Gómez, D., Osorio, M., & Hincapié, C. A. (2023). Smart Irrigation Systems in Agriculture: A Systematic Review. *Agronomy*, 13(2), 342. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020342> [MDPI](#) [ResearchGate](#)
10. Yousaf, A., Kayvanfar, V., Mazzoni, A., & Elomri, A. (2023). Artificial Intelligence-Based Decision Support Systems in Smart Agriculture: Bibliometric Analysis for Operational Insights and Future Directions. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 1053921. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1053921> [Frontiers](#)

ABSTRACT

Feyruz SULTANLI

Ismayil SULTANLI

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN IMPROVING WATER USE EFFICIENCY IN MODERN AGRICULTURE

The modern global agricultural sector faces complex threats and challenges such as increasing water scarcity, climate change, soil degradation, and the need to enhance productivity to meet the growing food demands of the world population. In this context, Artificial Intelligence (AI) plays a crucial role, particularly in the optimization of irrigation systems, which are vital for sustainable agricultural practices. AI becomes an indispensable tool in ensuring more efficient resource allocation, accurately forecasting agricultural productivity, and effectively managing pest control. Research in this direction provides valuable insights into the real-world applications of AI in agriculture and highlights the main challenges faced by farmers – including high initial costs, limited technological knowledge, and concerns

regarding data security. This article provides a detailed analysis of the current and potential applications of AI technologies in modern irrigation management.

Keywords: *Artificial Intelligence, precision irrigation, agricultural technologies, resource management, yield prediction, sustainable agriculture*

MAŞIN GÖRMƏ ƏSASLI MƏHSUL KEYFİYYƏTİNƏ NƏZARƏT SİSTEMLƏRİ ÜÇÜN İNTELLEKTUAL PROQRAM TƏMİNATI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419545>

Aytən QASIMOVA MƏSİMLİ

qasimovaayten2002@gmail.com

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye
Universiteti, Bakı, Azərbaycan

Gülgün SALAMZADƏ

salamzadegul15@gmail.com

EDUGrata Təhsil Mərkəzi, Bakı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Sənaye sahələrində məhsul keyfiyyətinin təmin edilməsi istehsal proseslərinin effektivliyini və rəqabət qabiliyyətini müəyyən edən əsas amillərdən biridir. Ənənəvi nəzarət metodlarının məhdud imkanları və subyektivliyi bu sahədə avtomatlaşdırılmış, yüksək dəqiqlikli texnologiyaların tətbiqini zəruri edir. Bu tezisdə maşın görmə texnologiyalarına əsaslanan məhsul keyfiyyətinə nəzarət sistemləri üçün intellektual proqram təminatının hazırlanması və tətbiqi məsələləri araşdırılır. Tədqiqat çərçivəsində süni intellekt, görüntü emalı və dərin öyrənmə metodlarından istifadə olunmaqla, məhsullardakı qüsurların avtomatik aşkarlanmasını və təsnifatını həyata keçirən bir proqram təminatı prototipi hazırlanmışdır. Təklif edilən sistemin real istehsal mühitlərində sınaqdan keçirilməsi nəticəsində onun məhsul keyfiyyətinə nəzarətdə operativlik, dəqiqlik və davamlılıq baxımından yüksək nəticələr göstərdiyi müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: Maşın Görmə Sistemləri, Məhsul Keyfiyyətinə Nəzarət, Süni İntellekt, Görüntü Emalı, Dərin Öyrənmə, Avtomatlaşdırılmış Nəzarət Sistemləri

GİRİŞ

Müasir sənaye sistemlərində məhsul keyfiyyətinin nəzarətdə saxlanılması və davamlı şəkildə təkmilləşdirilməsi müəssisələrin rəqabət qabiliyyətini qoruması və müştəri məmuniyyətini təmin etməsi baxımından olduqca əhəmiyyətlidir. Sürətlə inkişaf edən texnologiyalar fonunda Süni İntellekt və Maşın Görmə sahəsində əldə edilən nailiyyətlər, keyfiyyətə nəzarətin avtomatlaşdırılması üçün geniş imkanlar açır. Xüsusilə Görüntü Emalı və Dərin Öyrənmə metodlarının tətbiqi, məhsullardakı qüsurların daha dəqiq, sürətli və davamlı şəkildə aşkarlanmasına şərait yaradır.

Bu tezis əsas məqsədi, maşın görmə texnologiyalarına əsaslanan məhsul keyfiyyətinə nəzarət sistemləri üçün intellektual proqram təminatının hazırlanması və onun real istehsalat şəraitində tətbiq imkanlarının araşdırılmasıdır. Hazırlanacaq proqram təminatı Süni İntellekt alqoritmləri və Görüntü Emalı üsullarından istifadə etməklə, məhsul səthindəki qüsurları avtomatik olaraq müəyyənləşdirmək və onları kateqoriyalara ayırmaq qabiliyyətinə malik olacaqdır.

Maşın Görmə texnologiyaları

Məhsul keyfiyyətinə nəzarət sistemlərində yüksək dəqiqlik və sürət təmin etmək məqsədilə Maşın Görmə texnologiyaları geniş tətbiq olunur. Bu texnologiyalar obyektləri tanıma, hərəkət izləmə, xüsusiyyət çıxarma və qüsurların aşkarlama kimi müxtəlif prosesləri yerinə yetirir. Optik alətlər və kamera vasitəsilə əldə edilən görüntüləri emal edərək, onların xüsusiyyətlərini müvafiq olaraq təhlil edir. Görüntü emalı texnologiyaları isə bu şəkilləri daha asanlıqla analiz edilə bilən məlumatlara çevirir. Bu sahə son illərdə sənaye, tibbi görüntülmə və təhlükəsizlik kimi sahələrdə böyük inkişaf əldə etmişdir. Maşın görmə texnologiyalarının sənayedə tətbiqi məhsul keyfiyyətinə nəzarət, xətt avtomatlaşdırılması və proses izləmə kimi mühüm sahələrdə yüksək dəqiqlik və sürət təmin edir.

Süni İntellekt və Maşın Görmə integrasiyası

Maşın Görmə Sistemlərinin inkişafı ilə yanaşı, Süni İntellekt (AI) texnologiyalarının tətbiqi bu sahəni daha da irəlilətməmişdir. Süni İntellekt alqoritmləri, əldə edilən görüntü məlumatlarını analiz edərək, insan müdaxiləsi olmadan məhsul keyfiyyətini qiymətləndirir və qeyri-dəqiqlikləri təhlil edir. Bu, məhsul keyfiyyətinin avtomatik qiymətləndirilməsini və təkmilləşdirilməsini təmin edir.

Avtomatlaşdırılmış Keyfiyyət Nəzarəti

Maşın Görmə əsaslı keyfiyyət nəzarəti sistemləri avtomobil, elektronika, qida emalı və ya məişət texnikası kimi istehsal sahələrində məhsulun hər bir mərhələsini izləyir. Bu sistemlər, məhsulun hər bir hissəsinin düzgün yığılmasını və işlək vəziyyətə gətirilməsini təmin edərək istehsal prosesində insan faktoru ilə bağlı riskləri minimuma endirir. Bu tip sistemlər, həmçinin istehsal xəttində hər hansı bir qüsurun səbəb olacağı zərərinin qarşısını almağa kömək edir.

Avtomatik təhlil və təsnifat

Bir kameranın çəkdiyi şəkil əsasında, Maşın Görmə Sistemi qüsurları aşkar edə bilir, rəng dəyişikliklərini və ölçü uyğunluqlarını yoxlaya bilir. Bu cür texnologiyalar nəticəsində, istehsal prosesində heç bir məhsulun qaçırılmadığından və ya yanlış qiymətləndirilmə aparılmadığından əmin olmaq mümkündür.

İnkişaf və gələcək perspektivlər

Maşın görmə əsaslı keyfiyyətə nəzarət sistemləri gələcəkdə daha da inkişaf edəcək və yeni texnologiyalarla daha da təkmilləşəcəkdir. Yenilikçi sahələrdə, məsələn, robotiklər, Əşyaların İnterneti (IoT) və Böyük Verilənlər (Big Data) integrasiyası ilə bu sistemlərin daha da effektivləşdirilməsi mümkündür.

Kamera təchizatının keyfiyyəti və məlumatın təhlilindəki mürəkkəbliklər kimi maneələr olur ki, bu problemləri aradan qaldırmaq üçün daha inkişaf etmiş texnologiyalar və optimallaşdırılmış alqoritmlər tətbiq oluna bilər. Həmçinin, müxtəlif növ məhsul və materialların analizinə imkan verən çoxsaylı görmə üsullarının integrasiyası, sistemin əhatə dairəsini genişləndirə bilər.

Nəticə

Bu tezis çərçivəsində hazırlanmış intellektual proqram təminatı, sənaye sahələrində məhsul keyfiyyətinə nəzarətin avtomatlaşdırılması istiqamətində mühüm addım olmaqla yanaşı, istehsal proseslərinin səmərəliliyinin artırılmasına və insan əməyinin yükünün azaldılmasına da töhfə verir. Gələcək tədqiqatlar bu cür sistemlərin daha mürəkkəb qüsurların tanıması və müxtəlif məhsul növlərinə adaptasiya olunması istiqamətində genişləndirilə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
2. Szeliski, R. (2010). Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer.
3. Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). Digital Image Processing (4th ed.). Pearson.
4. Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer.
5. Davies, E. R. (2012). Computer and Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities (4th ed.). Academic Press.
6. Russ, J. C. (2011). The Image Processing Handbook (6th ed.). CRC Press.
7. Zhang, Z. (2020). A review of deep learning-based defect detection in industrial applications. Artificial Intelligence Review, 53(6), 4093–4121.
8. Li, Y., & Wang, L. (2019). Applications of computer vision in manufacturing. Procedia Manufacturing, 39, 1111–1118.
9. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. Nature, 521(7553), 436–444.

10. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 770–778.

ABSTRACT

Aytan Gasimova Masimli
Gulgun Salamzada

INTELLIGENT SOFTWARE FOR MACHINE VISION-BASED PRODUCT QUALITY CONTROL SYSTEMS

Product quality assurance plays a vital role in enhancing the efficiency of manufacturing processes and maintaining a competitive edge in industrial sectors. Due to the inherent limitations and subjectivity of conventional inspection methods, there is a growing need for automated and highly accurate technological solutions. This thesis focuses on the design and deployment of intelligent software tailored for product quality control systems that leverage machine vision technologies. As part of the study, a software prototype was developed incorporating artificial intelligence, image processing, and deep learning techniques to enable automatic detection and classification of product defects. Experimental evaluations conducted in real manufacturing environments revealed the system's strong performance in terms of speed, precision, and reliability.

Keywords: Machine Vision Systems, Product Quality Control, Artificial Intelligence, Image Processing, Deep Learning, Automated Control Systems

SÜNİ İNTELLEKTİN SCADA SİSTEMLƏRİNƏ TƏTBİQİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419563>

Həsən NƏCƏFOV

hasan.nacafov@ndu.edu.az

ORCID NO: 0009-0001-3136-6684

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Müasir sənaye proseslərinin avtomatlaşdırılması və optimallaşdırılması məqsədilə SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemlərinin tətbiqi geniş vüsət almışdır. Son illər süni intellekt (SI) texnologiyalarının inkişafı bu sistemlərin daha ağıllı və effektiv şəkildə idarə olunmasına imkan yaratmışdır. Bu məqalədə süni intellektin SCADA sistemlərinə integrasiyası, bu sahədə mövcud yanaşmalar və texnologiyalar, həmçinin bu integrasiyanın üstünlükləri və çətinlikləri araşdırılır. Tədqiqat nəticələri göstərir ki, süni intellekt SCADA sistemlərində məlumatların təhlili, qərar qəbul etmə və sistemin öz-özünü optimallaşdırması kimi prosesləri əhəmiyyətli dərəcədə təkmilləşdirir.

Açar sözlər: SCADA, süni intellekt, sənaye avtomatlaşdırılması, maşın öyrənməsi, real vaxt idarəetməsi

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemləri sənaye proseslərinin müşahidəsi və uzaqdan idarə olunmasını təmin edən kompleks sistemlərdir. Bu sistemlər xüsusilə enerji, su təchizatı, neft və qaz, nəqliyyat və istehsalat sahələrində tətbiq olunur. SCADA sistemlərinin əsas məqsədi sənaye proseslərinin fasiləsiz işləməsini təmin etmək, nasazlıqları tez aşkarlamaq və idarəetmədə səmərəliliyi artırmaqdır [3].

Sənaye müəssisələrinin məhsuldarlığının və təhlükəsizliyinin artırılması məqsədilə istifadə olunan SCADA sistemləri artıq ənənəvi idarəetmədən daha çox, analitik və proqnozlaşdırıcı bacarıqlara malik sistemlərə çevrilməkdədir [1]. Süni intellekt texnologiyalarının SCADA sistemlərinə integrasiyası vasitəsilə avtomatik qərar qəbul etmə, nasazlıqların erkən aşkarlanması və optimallaşdırma kimi imkanlar yarana bilər [2].

SCADA sistemləri sənaye müəssisələrində müxtəlif proseslərin real vaxtda müşahidə və idarə olunmasını təmin edən kompleks proqram və texniki vasitələr toplusudur. Bu sistemlər əsasən aşağıdakı komponentlərdən ibarətdir: RTU (Remote Terminal Unit), PLC (Programmable Logic Controller), HMI (Human Machine Interface) və SCADA proqram təminatı [3].

SCADA sistemlərinin əsas funksiyaları:

- Proseslərin real vaxt rejimində monitorinqi
- İdarəetmə və nəzarət əməliyyatları
- Məlumatların toplanması və saxlanması
- Hadisələrin qeydiyyatı və analiz

Ənənəvi SCADA sistemləri çox vaxt sadə siqnallar və istifadəçi əməlləri ilə məhdudlaşır. Lakin süni intellektin tətbiqi bu sistemlərin funksional imkanlarını əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirə bilər [4].

Süni intellekt – insan zəkasına bənzər şəkildə düşünə, öyrənə və qərar verə bilən sistemlərin yaradılması ilə məşğul olan elmi sahədir. Onun əsas alt sahələrinə aşağıdakılar daxildir:

Maşın öyrənməsi (Machine Learning): Məlumatlar əsasında təcrübədən öyrənmə və nəticə çıxarma bacarığı. Xüsusilə böyük məlumatların emalı və təhlili üçün geniş istifadə olunur. Dərin öyrənmə (Deep Learning): İnsan beyninin neyron şəbəkələrinə bənzər strukturlar üzərindən mürəkkəb nümunələri tanımağa əsaslanan üsuldur. SCADA sistemlərində görüntü və sensor məlumatlarının təhlilində istifadə olunur [6].

Ekspert sistemlər: İnsan ekspertlərinin biliklərini imitasiya edən qayda əsaslı qərar qəbul etmə sistemləridir.

Fuzzy məntiq: Qeyri-müəyyən və qeyri-dəqiq məlumatlarla işləməyə imkan verir – məsələn, “orta temperatur”, “yüksək təzyiq” kimi qeyri-konkret təsnifatlar.

Süni intellekt artıq səhiyyə, təhlükəsizlik, kənd təsərrüfatı, nəqliyyat və sənaye kimi sahələrdə geniş istifadə olunur. SCADA sistemləri isə bu texnologiyaların tətbiqi üçün xüsusilə əlverişli mühitdir, çünki onlar böyük həcmdə real vaxt məlumatı ilə işləyir və çevik idarəetməyə ehtiyac duyurlar [7]. Bu texnologiyalar səhiyyə, maliyyə, nəqliyyat, təhlükəsizlik və sənaye sahələrində geniş tətbiq olunur [5].

Süni intellekt SCADA sistemlərinə aşağıdakı istiqamətlər üzrə tətbiq oluna bilər:

Proqnozlaşdırıcı analiz: Maşın öyrənmə modelləri vasitəsilə texnoloji proseslərin gələcək vəziyyətlərini proqnozlaşdırmaq mümkündür [6].

Avtomatik nasazlıq aşkarlanması: Neyron şəbəkələr və anomaliya aşkarlanması alqoritmləri vasitəsilə nasazlıqlar erkən mərhələdə aşkarlanmağa bilər [7].

İstehsalın optimallaşdırılması: SI modelləri istehsal proseslərində resurs istifadəsini minimuma endirmək üçün istifadə olunur [8]. Bu integrasiya həm texniki, həm də iqtisadi baxımdan səmərəlidir, lakin bəzi çətinliklər də mövcuddur: məlumatların çatışmazlığı, real vaxt tələbləri, hesablama resursları və təhlükəsizlik problemləri [9].

Energetika sektoru: Elektrik şəbəkələrinin idarəsində SCADA sistemləri SI modelləri ilə birləşdirilərək yüklərin balanslaşdırılması və qəza hallarının proqnozlaşdırılmasına nail olunur [10].

Su təchizatı və təmizləmə sistemləri: Su nasoslarının idarəsi, təzyiq nəzarəti və sızmaların aşkarlanması üçün maşın öyrənməyə əsaslanan SCADA sistemləri tətbiq edilir [11].

Nəqliyyat: Dəmiryolu sistemlərində qatarların hərəkət qrafiklərinin optimallaşdırılması məqsədilə SCADA və SI texnologiyaları birgə istifadə olunur [12].

Neft və qaz sənayesi: Boru kəmərlərinin monitorinqi, təzyiq və temperatur nəzarəti, qaz sızmalarının aşkarlanması kimi proseslər SCADA sistemləri vasitəsilə həyata keçirilir. Süni intellektin tətbiqi burada həm təhlükəsizliyi artırır, həm də texniki xidmət xərclərini azaldır [4].

Bu nümunələr göstərir ki, SCADA və süni intellektin sintezi sənaye sahələrində böyük potensiala malikdir.

Azərbaycan da SCADA sistemlərinin tətbiq olunduğu ölkələr sırasındadır. Enerji, nəqliyyat və su təchizatı kimi sahələrdə bu sistemlər aktiv şəkildə istifadə olunur. Süni intellektin bu sahələrdə tətbiqi üçün imkanlar genişdir. Xüsusilə bərpa olunan enerji mənbələrinin idarə olunması, şəhər nəqliyyatının optimallaşdırılması və su itkilərinin aşkarlanması istiqamətində SI-nin rolu böyük ola bilər. Dövlət və özəl sektor əməkdaşlığı ilə pilot layihələrin həyata keçirilməsi tövsiyə olunur.

Süni intellekt texnologiyalarının SCADA sistemlərinə tətbiqi sənaye avtomatlaşdırmasının yeni mərhələsinə keçidə imkan yaradır. Daha çevik, öyrənə bilən və

adaptiv idarəetmə sistemləri formalaşdırmaq üçün bu integrasiya zəruridir. Gələcəkdə daha etibarlı, təhlükəsiz və izaholunan SI modellərinin hazırlanması bu sahədə əsas tədqiqat istiqamətlərindən biri olacaq.

Nəticə

Süni intellekt texnologiyalarının SCADA sistemlərinə tətbiqi sənaye idarəetməsinin keyfiyyətini və effektivliyini yüksəltməkdə mühüm rol oynayır. Məqalədə təqdim edilən təhlillər göstərdi ki, SI əsaslı SCADA sistemləri daha çevik, etibarlı və dayanıqlı idarəetmə imkanı verir. Süni intellektin xüsusilə maşın öyrənməsi, dərin öyrənmə, fuzzy məntiq və ekspert sistemləri kimi alt sahələrinin tətbiqi nəticəsində sənaye proseslərinin real vaxtda təhlili, nasazlıqların erkən aşkarlanması və qərar qəbul etmə prosesləri avtomatlaşdırılaraq optimallaşdırıla bilər.

Bu texnologiyaların tətbiqi yalnız texniki cəhətdən üstünlüklər təmin etmir, həm də iqtisadi səmərəliliyi artırır, enerji resurslarına qənaətə, avadanlıqların istismar müddətinin uzadılmasına və işçi qüvvəsinə olan asılılığın azalmasına səbəb olur. Əldə olunan nəticələr göstərir ki, SCADA və süni intellektin integrasiyası sənaye müəssisələrinin rəqəmsal transformasiyasında əsas komponentlərdən birinə çevrilməkdədir.

Lakin bu sahədə bəzi texniki və təşkilati çətinliklər də mövcuddur. Xüsusilə məlumat təhlükəsizliyi, real vaxtda işləmə tələbləri, yüksək hesablama gücünə ehtiyac və SI modellərinin şəffaflığı kimi problemlər gələcək tədqiqatların əsas istiqamətlərindən biri olmalıdır. Eyni zamanda, SCADA sistemlərində istifadə olunan məlumatların keyfiyyəti və etibarlılığı süni intellektin effektivliyi üçün həlledici əhəmiyyət daşıyır.

Gələcək tədqiqatlar daha çox real tətbiq nümunələrinin araşdırılması, müxtəlif sənaye sahələri üzrə pilot layihələrin həyata keçirilməsi və sistemlərin kibertəhlükəsizliyinin gücləndirilməsi istiqamətində aparılmalıdır. Həmçinin, izaholunan süni intellekt (explainable AI) modellərinin tətbiqi ilə SCADA sistemlərində qəbul edilən qərarların şəffaflığı artırıla bilər ki, bu da istifadəçi etibarını və texnoloji qəbul səviyyəsini yüksəldir. Nəticə etibarilə, süni intellekt SCADA sistemləri üçün yalnız texnoloji yenilik deyil, eyni zamanda sənaye infrastrukturunun strateji inkişafı və rəqabət qabiliyyətinin artırılması üçün əvəzsiz bir vasitədir. Bu sahədə multidissiplinar yanaşmalar və akademik-tətbiqi əməkdaşlıqlar gələcək uğurların əsasını təşkil edəcəkdirlər.

ƏDƏBİYYAT

1. Boyacı, İ. (2019). *SCADA sistemlərinin əsas prinsipləri*. İstanbul: Teknik Yayınlar.
2. Chen, M., & Lin, Z. (2023). "Optimization of industrial processes via AI-powered SCADA". *Computers in Industry*, 135, 103596.
3. Əliyev, F. A. (2020). *Sənaye avtomatlaşdırılması və SCADA sistemləri*. Bakı: Təhsil nəşriyyatı.
4. Ghasemloonia, A., & Haghighat, F. (2020). "Application of AI in industrial control systems". *Journal of Industrial Informatics*, 16(3), 112–124.
5. Kərimov, R. N. (2023). *Nəqliyyatda rəqəmsal texnologiyalar*. Bakı: Nurlan nəşriyyatı.
6. Liu, C., & Liu, Y. (2021). "Fault detection in SCADA using neural networks". *Automation in Industry*, 9(1), 88–94.
7. Morales, L., & Perez, H. (2020). "SCADA and AI in urban water systems". *Water Resources Management*, 34, 2453–2467.

8. Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.
9. Rzayev, E. M. (2021). *Süni intellektin sənayedə tətbiqi*. Bakı: Elm və Təhsil.
10. Singh, R., & Jain, A. (2021). "Smart grid control via AI-based SCADA". *Energy Systems Journal*, 14(2), 99–115.
11. Yusifov, T. Ş. (2022). *Süni intellekt və təhlükəsizlik məsələləri*. Bakı: Qafqaz nəşriyyatı.
12. Zhang, Y., & Wang, L. (2022). "Predictive analytics for SCADA using deep learning". *IEEE Access*, 10, 23456–23467.

SUMMARY

Hasan Najafov

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO SCADA SYSTEMS

The application of SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) systems has become widespread in order to automate and optimize modern industrial processes. In recent years, the development of artificial intelligence (AI) technologies has enabled these systems to be managed more intelligently and effectively. This article examines the integration of artificial intelligence into SCADA systems, existing approaches and technologies in this field, as well as the advantages and challenges of this integration. The research results show that artificial intelligence significantly improves processes such as data analysis, decision-making, and system self-optimization in SCADA systems.

Key words: SCADA, artificial intelligence, industrial automation, machine learning, real-time management

РЕЗЮМЕ

Гасан Наджафов

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМАХ SCADA

Широкое распространение получило применение систем SCADA (диспетчерского управления и сбора данных) с целью автоматизации и оптимизации современных промышленных процессов. Развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) в последние годы позволило управлять этими системами более разумно и эффективно. В статье рассматривается интеграция искусственного интеллекта в системы SCADA, существующие подходы и технологии в этой области, а также преимущества и проблемы такой интеграции. Результаты исследований показывают, что искусственный интеллект значительно улучшает такие процессы, как анализ данных, принятие решений и самооптимизация системы в системах SCADA.

Ключевые слова: SCADA, искусственный интеллект, промышленная автоматизация, машинное обучение, управление в реальном времени

PREDICTIVE MODELING OF FLIGHT PRICING AND EXPLORATORY DATA ANALYSIS IN THE AIRLINE INDUSTRY USING MACHINE LEARNING

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419577>

Arzu IBRAHIMOVA

arzu21mk@mail.ru

Gurbanzada ILAHA

ilaha.gurbanzada1@gmail.com

ABSTRACT

This article presents a study on exploratory data analysis (EDA) and applying machine learning techniques for airfare price prediction in the airline industry. It reflects the capability of data models in pulling out underlying trends pertaining to factors such as departure time, route, season, and competition factors and their correlation with prices. This objective is achieved through data acquisition, feature engineering, visualization, and the implementation of predictive models such as Random Forest and XGBoost. The study assesses the viability of real-time pricing plans and emphasizes the significance of data quality, external variables, and deployment infrastructure as critical considerations. The study asserts that the integration of machine learning and exploratory data analysis can provide airlines and online travel agencies with dynamic pricing solutions aimed at enhancing customer satisfaction and revenue management optimization.

Keywords: *Flight pricing, Exploratory Data Analysis, Machine Learning, Predictive Modeling, Airline CRM, Dynamic Pricing*

INTRODUCTION

Pricing of air tickets is a complex and dynamic process based on an immense range of internal in addition to external variables. Internally, fares are charged on the basis of operational costs, aircraft load factors, types of fares, and past booking trends. Externally, passenger supply, competitive landscape of the market, seasonal variability, and global geopolitics also influence ticket prices respectively. The application of this dynamic pricing technique is important in helping airlines achieve their maximum revenue potential while being competitive in a very demanding market [5].

Airlines have depended in the past on rule-based revenue management systems and historical heuristics to inform their fare-setting processes. In most instances, though, these approaches do not prove to be adequate for managing the volume, speed, and diversity of today's data streams

For instance, fares on a high-demand domestic flight like New York to Los Angeles can show consistent trends: fares are cheaper if booked over 30 days in advance and increase sharply within two weeks of departure. However, a sudden increase in fuel costs or unanticipated demand caused by an event (e.g., a major conference or sporting final) can throw these trends into chaos [4]. An ML model that has been trained on several variables—days to departure, time of year, flight duration, competitor prices—can adapt dynamically

to these changes, preventing revenue leakage for airlines while providing competitive prices to consumers.

This article outlines an end-to-end pipeline that combines EDA and predictive modeling techniques for airline ticket price analysis and prediction. This includes data ingestion, feature engineering, model development, and evaluation. It also outlines real-world applications and addresses practical considerations of data quality, latency, and scalability [3].

Finally, predictive pricing models deliver strategic benefits—not just in revenue optimization but also in customer experience improvement through personalized fare recommendations and dynamic discounting. As airlines further progress with digital transformation initiatives, leveraging machine learning to define the future of pricing strategy is more pertinent than ever.

Methodologies

This chapter presents the step-by-step process adopted in modeling and analyzing flight prices based on machine learning methods. This includes a series of steps: learning airline pricing models, getting appropriate data, exploratory data analysis (EDA), feature extraction, constructing prediction models, and their performance measurement. To capture real-world applicability of the procedures to practical problems, the chapter includes real-world application-driven code snippets, plots, and case studies. [2]

We start with a detailed exploration of ticket pricing by airlines and move step by step with Python illustrations of EDA and modeling. For example, using EDA, we graphically represent how fares vary based on how early ahead of time a ticket is reserved. [8] We employ libraries such as pandas, seaborn, matplotlib, and scikit-learn to manipulate the data and create plots.

Then, we perform model development using linear regression and tree-based approaches, i.e., Random Forest and XGBoost. Models are developed based on engineered features, i.e., 'days_until_departure', 'route', and 'departure_hour', to forecast future prices. Evaluation metric, i.e., MAE, RMSE, and R^2 , is used to evaluate model performance, whereas feature importance plots display the variables that have the most influence on pricing.

This chapter presents the end-to-end process followed for flight price analysis and modeling using machine learning techniques. It comprises various steps: airline pricing strategy understanding, data collection, exploratory data analysis (EDA), feature creation, model building, and their performance evaluation. Real-life code snippets and graphical visuals are included where required.

Understanding Flight Pricing Systems

Airlines' pricing strategies involve dynamic changes based on different factors. They involve predicted demand, days prior to departure, seasonality, booking patterns, competitor pricing, and aircraft seat availability. For example, economy prices for a flight from Baku to Istanbul can be \$100 if booked 30 days prior but increase to \$300 if booked just 3 days prior to travel due to high demand.

Data Sources and Feature Identification

The data set used in this case study is over 10,000 web-scraped flight records retrieved from a travel website API. Every record holds:

- airline
- source and destination
- departure_time, arrival_time
- stops (number of layovers)
- days_to_departure
- flight_duration
- ticket_price

Use Cases and Applications

The model, after being trained, can be integrated into:

- Travel websites for fare notifications
- Pricing engines of airlines for dynamic pricing
- Forecasting tools to adjust pricing strategy based on route behavior

Example Use Case:

A web application can use the model to notify users: "Prices for Baku–Istanbul will probably go up in 2 days."

Airlines use advanced revenue management systems to dynamically vary ticket prices. Time to departure, day of week, seasonality, stops, and service class are most significant factors. [3] ML facilitates price policy automation and optimization based on trends in the historical data.

Exploratory Data Analysis (EDA)

EDA tasks such as histograms, scatter plots, heatmaps, and boxplots are used for visualizing data distribution and viewing trends. Null treatment and removal of outliers are performed prior to modeling.

```
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt

# Price distribution
sns.histplot(df['ticket_price'], bins=50)
plt.title("Distribution of Ticket Prices")
plt.show()

# Correlation heatmap
sns.heatmap(df.corr(), annot=True)
plt.title("Feature Correlations")
plt.show()
```

Feature Engineering

Features such as "days_until_departure," "is_weekend," "hour_of_day," and "route" are generated. They help models better understand the pricing behavior by incorporating time and context elements.

Feature Engineering

Features such as "days_until_departure," "is_weekend," "hour_of_day," and "route" are computed. These help models learn about pricing behavior better by incorporating time and context-related data. [1]

Machine Learning Models

The study tries a mix of models such as Linear Regression, Decision Trees, Random Forest, Gradient Boosting (XGBoost), and Neural Networks. Random Forest and XGBoost worked the best in providing a balance between accuracy and explainability.

Model Evaluation

Performance is evaluated on the basis of RMSE, MAE, and R^2 Score. Feature importance is also checked to view the most significant variables, typically "days_until_departure" and "route."

Use Cases and Applications

Applications in real life include real-time pricing systems, customer fare alert systems, competitor price monitors, and dynamic recommendation systems. [4]

```
from xgboost import XGBRegressor
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import mean_absolute_error

X = df[['days_to_departure', 'flight_duration', 'departure_hour']]
y = df['ticket_price']

X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2)
model = XGBRegressor()
model.fit(X_train, y_train)
y_pred = model.predict(X_test)
print("MAE:", mean_absolute_error(y_test, y_pred))
```

Model Evaluation

Models were evaluated using:

1. RMSE (Root Mean Squared Error)
2. MAE (Mean Absolute Error)
3. R^2 Score

Feature importance was visualized to interpret which variables had the most impact on price prediction.

Conclusion

Machine learning predictive modelling of airline price setting offers a viable substitute for traditional static methods of pricing based upon average- or fixed fare bucket. [2] Since airlines use sophisticated exploratory data analysis (EDA) along with machine learning algorithms, they are able to unearth patterns of customer demand, bookings volumes, and also competitive trend within the market. Since they have the capability to adjust prices in real-time, with this functionality they can offer more effective space utilization per seat and better profitability. [7]

For example, if EDA reveals that Paris-Istanbul flights are in high demand on Thursday nights during the summer season, the model can incorporate this fact while setting prices. [5] A random forest model trained on past booking patterns can find that a 20-day advance booking period during this season provides a consistent increase in ticket price by about 30% over off-season.

One of the best things about predictive models is that they are versatile. Airlines can use ensemble models to try thousands of various scenarios simultaneously and find the optimal price that will sell the most seats and generate the highest revenues. As new data arrive—be it surprising demand due to a concert, sports event, or gas price shift—the machine learning code can be retrained or tweaked to keep up with these dynamics [6].

But risks exist. Data quality problems, especially when dealing with third-party aggregators or scraped data, can create inconsistencies. Volatility in the markets, like the effects of geopolitical unrest or pandemics, can skew demand projections. Ethical challenges, such as dynamic pricing transparency and customer fairness, also need to be addressed.

REFERENCES

1. Riggins, F. (2020). *Revenue Management for the Hospitality Industry*. Wiley.
2. Kelleher, J. D., & Tierney, B. (2018). *Data Science: An Introduction*. MIT Press.
3. Chakraborty, D. (2021). *Machine Learning with Python for Everyone*. Pearson.
4. Talluri, K. T., & Van Ryzin, G. J. (2004). *The Theory and Practice of Revenue Management*. Springer.
5. Provost, F., & Fawcett, T. (2013). *Data Science for Business: What You Need to Know about Data Mining and Data-Analytic Thinking*. O'Reilly Media.
6. Srivastava, S., Divekar, A. V., Anilkumar, C., et al. (2021). Comparative analysis of deep learning image detection algorithms. *Journal of Big Data*, 8(66). <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00434-w>
7. Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2016). Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39(6), 1137–1149.
8. Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C. Y., & Berg, A. C. (2016). SSD: Single shot multibox detector. In *European Conference on Computer Vision* (pp. 21–37). Springer.

SƏNAYE 4.0 KONTEKSTİNDƏ SÜNİ İNTELLEKT LƏ İDARƏ OLUNAN PROSES NƏZARƏT SİSTEMLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419585>

İlham SÜLEYMANOV

ilhamsuleymanov@ndu.edu.az

ORCID NO: 0000-0003-4168-3752

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Sənaye 4.0 konsepsiyası çərçivəsində süni intellekt texnologiyalarının proses nəzarət sistemlərində tətbiqi ətraflı şəkildə araşdırılır. Məqalədə qeyd olunur ki, Sənaye 4.0-in əsas məqsədlərindən biri istehsalat və idarəetmə sistemlərini daha ağıllı, çevik və avtomatlaşdırılmış hala gətirməkdir. Bu transformasiyada süni intellekt mühüm rol oynayır və proses nəzarət sistemləri artıq yalnız sabit qaydalarla deyil, öyrənə və qərar verə bilən intellektual strukturlarla təchiz olunur. Tədqiqatda maşın öyrənməsi, dərin öyrənmə, fuzzy məntiq, rekurent neyron şəbəkələr və neyron-fuzzy sistemləri kimi metodların proses nəzarətindəki funksiyaları, sensor inteqrasiyası və real vaxt analitikası imkanları ilə birlikdə şərh edilir. Həmçinin, enerji səmərəliliyinin artırılması, texniki nasazlıqların əvvəlcədən müəyyənləşdirilməsi və keyfiyyətə nəzarət sahələrində süni intellektin praktik tətbiqləri izah olunur. Məqalədə əlavə olaraq, kibertəhlükəsizlik, məlumatların məxfiliyi, alqoritmlərin izah edilə bilməsi kimi çağırışlar da vurğulanır. Sonda isə Sənaye 5.0 kontekstində insan-mərkəzli yanaşmalar və emosional qərarvermə mexanizmlərinin gələcəkdə proses nəzarət sistemlərinə təsiri müzakirə edilir.

Açar sözlər : *Sənaye 4.0, Süni intellekt, Proses nəzarəti, Avtonom sistemlər, Kiber-fiziki sistemlər, Maşın öyrənməsi.*

Giriş

Sənaye 4.0 texnoloji inqilabının əsas məqsədi istehsalat və idarəetmə sistemlərini daha ağıllı, çevik və avtomatlaşdırılmış hala gətirməkdir. Bu transformasiyanın əsas hərəkətverici qüvvələrindən biri süni intellekt (Sİ) texnologiyalarıdır. Proses nəzarət sistemləri artıq yalnız ənənəvi alqoritmlərlə deyil, həm də öyrənə bilən və qərar verə bilən intellektual sistemlərlə təchiz olunur. Bu məqalədə süni intellektin proses nəzarətindəki rolu, tətbiq sahələri, texnoloji əsaslar və çağırışlar Sənaye 4.0 kontekstində geniş təhlil edilir. Sənaye 4.0 konsepsiyası əşyaların interneti (IoT), kiber-fiziki sistemlər (CPS), böyük verilənlər (Big Data), bulud hesablama və süni intellekt kimi texnologiyaların inteqrasiyası ilə istehsal sistemlərinin çevikliyini və məhsuldarlığını artırmağı hədəfləyir [1]. Bu yanaşmada proses nəzarəti sadəcə sabit qaydalarla işləyən sistem deyil, dinamik öyrənən və qərar verən intellektual idarəetmə mexanizminə çevrilir [2].

Verilənlərin təhlili və proqnozlaşdırılması üçün ML/DL modelləri, xüsusilə neyron şəbəkələr və rekurent neyron şəbəkələr (RNN) istifadə edilir. Bu modellər sistemin davranışını əvvəlcədən təxmin edə və nəzarət strategiyalarını uyğunlaşdırmaqla bilir [3]. Sistem qeyri-müəyyən və dəyişkən verilənlərlə işlədikdə, fuzzy alqoritmlər daha uyğun olur. Neyron-fuzzy strukturlar isə bu qeyri-müəyyənlikləri öyrənmə qabiliyyəti ilə birləşdirir [4]. Proses nəzarətində əvvəlcədən müəyyən edilmiş qaydalara əsaslanan qərar vermə mexanizmləri kimi istifadə olunur. Bu sistemlər Sənaye 4.0-da real vaxtda analitika ilə

təkmilləşdirilir [5]. Sİ alqoritmləri proses parametrlərinin real vaxt izlənməsi və optimallaşdırılması üçün istifadə olunur. Misal: istilik, təzyiq və axın sürətinə nəzarət [6]. Keyfiyyətə nəzarət sistemləri görüntü emalı və AI ilə avtomatlaşdırılır, beləliklə məhsulun standartlara uyğunluğu təmin olunur [7]. Proses nəzarəti sensor integrasiyası ilə birlikdə robotik sistemlər üzərində tətbiq olunur. Süni intellektlə təchiz edilmiş robotlar yığım və qaynaq proseslərində yüksək dəqiqliklə işləyir [8]. İstehsalatda enerji sərfiyyatının və tullantıların optimallaşdırılması üçün AI modelləri tətbiq olunur. Proqnozlaşdırıcı analitika ilə enerji resurslarının istifadəsi minimuma endirilir [9].

Texnoloji Bünövrə və İnfrastruktur

Texnologiya	Rolu
IoT	Sensor məlumatlarının toplanması
Big Data	Verilənlərin saxlanması və analizi
Cloud və Edge Computing	Real vaxtda analiz və hesablama
Digital Twin	Proseslərin rəqəmsal simulyasiyası
CPS	Fiziki və virtual sistemlərin integrasiyası

Üstünlüklər:

- Proseslərin avtomatik adaptasiyası və təkmilləşməsi
- Arızaların öncədən proqnozlaşdırılması
- İnsan faktorunun azalması və məhsuldarlığın artması
- Keyfiyyət və enerji səmərəliliyinin yüksəlməsi [4], [6]

Çağırışlar:

- Verilənlərin təhlükəsizliyi və məxfiliyi
- Alqoritmlərin təlimi üçün keyfiyyətli məlumat çatışmazlığı
- Sistemlərin etibarlılığı və izah edilə bilməsi
- İntegrasiya xərcləri və texniki səriştə ehtiyacı [7][10]

Sənaye 5.0 dövrünə doğru gedən yolda süni intellektin emosional qərarvermə və insan-robot əməkdaşlığı sahəsindəki rolu daha da artacaq. Əlavə olaraq, öz-özünə optimallaşan idarəetmə sistemləri və kontekstual qərarvermə texnologiyaları gündəmə gəlməkdədir [8], [10]. Proqnozlaşdırıcı baxım (predictive maintenance) – Sənaye 4.0 kontekstində süni intellektlə idarə olunan proses nəzarət sistemlərinin mühüm komponentlərindən biridir. Maşın öyrənməsi alqoritmləri və analitik modellər vasitəsilə sensor məlumatları təhlil edilərək avadanlıqların texniki vəziyyəti izlənilir və mümkün nasazlıqlar əvvəlcədən müəyyən olunur. Bu yanaşma:

- İstehsalatın dayanma riskini azaldır
- Texniki xidmət xərclərini optimallaşdırır
- Avadanlıq ömrünü uzadır [6][9]

İstifadə olunan texnologiyalar:

- Vibrasiya təhlili
- Termoqrafik analiz
- Qraf əsaslı ML modelləri

Real vaxt rejimində qərar qəbul etmək proses nəzarətinin effektivliyini artırır. Süni intellekt əsaslı qərar dəstək sistemləri:

- Avtomatik cavab mexanizmlərini işə salır
- Anomaliləri dərhal aşkar edir

- Alternativ əməliyyat strategiyalarını müqayisə edir

Bu sistemlər real zamanlı verilənlər əsasında qərarların dinamik adaptasiyasına imkan yaradır. Ən çox istifadə olunan metodlar:

- Bayes şəbəkələri
- Qaydalara əsaslanan sistemlər
- Reinforcement Learning (gücləndirici öyrənmə) [3][5]

Avtonom istehsalat sistemləri süni intellekt texnologiyalarının zirvə tətbiq formasıdır. Bu sistemlər:

- İnsansız fəaliyyət göstərir
- Öz qərarlarını müstəqil verir
- İstənilən şəraitə uyğunlaşma qabiliyyətinə malikdir

Avtonom logistika robotları (AGV-lər), istehsalat xətlərindəki materialların daşınmasını sensorlar və AI modelləri əsasında planlaşdırıb icra edə bilər. Bu isə tamamilə koordinasiya və çevik istehsal mühitini təmin edir [2], [8]. Proses nəzarət sistemlərinin intellektuallaşması informasiya axınını artırdığı üçün kibertəhlükəsizlik əsas məsələlərdən birinə çevrilmişdir. Süni intellekt, kibertəhlükə analizlərində və cavab sistemlərində aşağıdakı şəkildə tətbiq edilir:

- Anomaliya aşkarlanması
- Hücum nümunələrinin identifikasiyası
- Zərərli proqramların öyrədilmiş modellərlə tanınması

Sənaye 4.0 mühitində AI əsaslı kibertəhlükəsizlik sistemləri sistemlərin fasiləsiz və təhlükəsiz fəaliyyətini təmin edir [10]. Sənaye 4.0 yalnız tam avtomatlaşdırma deyil, həm də insan-mərkəzli intellektual əməkdaşlığı nəzərdə tutur. Bu əməkdaşlıq:

- İnsanın yaradıcı potensialını və təcrübəsini qoruyur
- Süni intellektin hesablama gücü ilə tamamlanır

İntellektual köməkçi sistemlər (smart assistant systems) – operatorlara qərar qəbulunda dəstək verir, riskləri və ehtimalları təhlil edir. Bu model “human-in-the-loop” arxitekturası ilə işləyir və sənaye etikası, şəffaflıq və izah edilə bilən AI ilə birləşdirilir [1][4].

Şirkət	Texnologiya	Tətbiq sahəsi
Siemens	MindSphere	İstehsalat və enerji analitikası
ABB	Ability Platform	Robotlaşdırılmış proses nəzarəti
Bosch	AIoT platforması	Avtomobil sənayesi və smart fabriklər
GE	Predix	Enerji və qaz turbini monitorinqi

Bu platformalar AI ilə təchiz olunmuş proses nəzarəti üçün modellər, real vaxt analitikası və optimallaşdırma vasitələri təqdim edir [2][6]. Sənaye 4.0 texnoloji inqilabının əsas məqsədi istehsalat və idarəetmə sistemlərini daha ağıllı, çevik və avtomatlaşdırılmış hala gətirməkdir. Bu transformasiyanın əsas hərəkətverici qüvvələrindən biri süni intellekt (Sİ) texnologiyalarıdır. Proses nəzarət sistemləri artıq yalnız ənənəvi alqoritmlərlə deyil,

həm də öyrənə bilən və qərar verə bilən intellektual sistemlərlə təchiz olunur. Bu məqalədə süni intellektin proses nəzarətindəki rolu, tətbiq sahələri, texnoloji əsaslar və çağırışlar Sənaye 4.0 kontekstində geniş təhlil edilir. Sənaye 4.0 konsepsiyası əşyaların interneti (IoT), kiber-fiziki sistemlər (CPS), böyük verilənlər (Big Data), bulud hesablama və süni intellekt kimi texnologiyaların integrasiyası ilə istehsal sistemlərinin çevikliyini və məhsuldarlığını artırmağı hədəfləyir [1]. Bu yanaşmada proses nəzarəti sadəcə sabit qaydalarla işləyən sistem deyil, dinamik öyrənən və qərar verən intellektual idarəetmə mexanizminə çevrilir [2]. Verilənlərin təhlili və proqnozlaşdırılması üçün ML/DL modelləri, xüsusilə neyron şəbəkələr və rekurent neyron şəbəkələr (RNN) istifadə edilir. Bu modellər sistemin davranışını əvvəlcədən təxmin edə və nəzarət strategiyalarını uyğunlaşdırmaqla bilir [3]. Sistem qeyri-müəyyən və dəyişkən verilənlərlə işlədikdə, fuzzy alqoritmlər daha uyğun olur. Neyron-fuzzy strukturlar isə bu qeyri-müəyyənlikləri öyrənmə qabiliyyəti ilə birləşdirir [4]. Proses nəzarətində əvvəlcədən müəyyən edilmiş qaydalara əsaslanan qərar vermə mexanizmləri kimi istifadə olunur. Bu sistemlər Sənaye 4.0-da real vaxtda analitika ilə təkmilləşdirilir [5]. Sİ alqoritmləri proses parametrlərinin real vaxt izlənməsi və optimallaşdırılması üçün istifadə olunur. Misal: istilik, təzyiq və axın sürətinə nəzarət [6].

Keyfiyyətə nəzarət sistemləri görüntü emalı və AI ilə avtomatlaşdırılır, beləliklə məhsulun standartlara uyğunluğu təmin olunur [7]. Proses nəzarəti sensor integrasiyası ilə birlikdə robotik sistemlər üzərində tətbiq olunur. Süni intellektlə təchiz edilmiş robotlar yığım və qaynaq proseslərində yüksək dəqiqliklə işləyir [8]. İstehsalatda enerji sərfiyyatının və tullantıların optimallaşdırılması üçün AI modelləri tətbiq olunur. Proqnozlaşdırıcı analitika ilə enerji resurslarının istifadəsi minimuma endirilir [9].

ƏDƏBİYYAT

1. Xu, X., Xu, L. D., & Li, L. (2018). "Industry 4.0: state of the art and future trends." *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941-2962.
2. Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). "Implementing smart factory of Industrie 4.0: an outlook." *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1).
3. Schmidhuber, J. (2015). "Deep learning in neural networks: An overview." *Neural Networks*, 61, 85-117.
4. Zadeh, L. A. (1994). "Fuzzy logic, neural networks, and soft computing." *Communications of the ACM*, 37(3), 77-84.
5. Gierej, S. (2017). "Smart Industry: Better management through projects." *Procedia Computer Science*, 121, 398-403.
6. Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). "Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment." *Procedia CIRP*, 16, 3-8.
7. Vogl, G. W., Weiss, B. A., & Helu, M. (2019). "A review of diagnostics and prognostics for manufacturing systems." *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 139(1), 010801.
8. Monostori, L. (2014). "Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges." *Procedia CIRP*, 17, 9-13.

9. Kang, H. S., et al. (2016). "Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions." *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3(1), 111-128.
10. Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). "Industry 4.0." *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239–242.

SUMMARY

Suleymanov Ilham

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-DRIVEN PROCESS CONTROL SYSTEMS IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0

The application of artificial intelligence technologies in process control systems within the framework of the Industry 4.0 concept is examined in detail. The article notes that one of the main goals of Industry 4.0 is to make production and management systems smarter, more flexible and automated. Artificial intelligence plays an important role in this transformation, and process control systems are no longer equipped with only fixed rules, but with intelligent structures that can learn and make decisions. The study explains the functions of methods such as machine learning, deep learning, fuzzy logic, recurrent neural networks and neural-fuzzy systems in process control, along with the possibilities of sensor integration and real-time analytics. It also explains the practical applications of artificial intelligence in the areas of increasing energy efficiency, early detection of technical failures and quality control. In addition, the article highlights challenges such as cybersecurity, data privacy, explainability of algorithms. Finally, the impact of human-centered approaches and emotional decision-making mechanisms on process control systems in the context of Industry 5.0 is discussed.

Keywords: Industry 4.0, Artificial Intelligence, Process Control, Autonomous Systems, Cyber-Physical Systems, Machine Learning

РЕЗЮМЕ

Сулейманов Ильхам

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КОНТЕКСТЕ ИНДУСТРИИ 4.0

В рамках концепции «Индустрия 4.0» подробно рассматривается применение технологий искусственного интеллекта в системах управления технологическими процессами. В статье отмечается, что одной из основных целей Индустрии 4.0 является повышение интеллектуальности, гибкости и автоматизации систем производства и управления. Искусственный интеллект играет важную роль в этой трансформации, и системы управления процессами теперь оснащены не просто фиксированными правилами, а интеллектуальными структурами, которые могут обучаться и принимать решения. В исследовании рассматриваются функции таких методов, как машинное обучение, глубокое обучение, нечеткая логика, рекуррентные нейронные сети и нейронечеткие системы в управлении процессами, а также возможности интеграции датчиков и аналитики в реальном времени. В книге также объясняется практическое применение искусственного интеллекта в областях повышения энергоэффективности, раннего обнаружения

технических неисправностей и контроля качества. В статье также освещаются такие проблемы, как кибербезопасность, конфиденциальность данных и объяснимость алгоритмов. Наконец, обсуждается влияние подходов, ориентированных на человека, и механизмов эмоционального принятия решений на будущие системы управления процессами в контексте Индустрии 5.0.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, Искусственный интеллект, Управление процессами, Автономные системы, Киберфизические системы, Машинное обучение

SÜNI İNTELLEKT VƏ MƏXFİLİK: ŞƏXSİ MƏLUMATLARIN QORUNMASI PROBLEMLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419600>

İlqar NOVRUZOV

ilqar.novruzov2001@gmail.com

Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Süni intellektin şəxsi məlumatlarla işləməsi müxtəlif məxfilik problemləri yaradır. Bu problemlərin həlli üçün məlumatların şifrələnməsi, anonimləşdirilməsi, federasiya edilmiş öyrənmə (federated learning) və fərdi məxfilik (differential privacy) kimi yeni texnologiyalardan istifadə oluna bilər. Bundan əlavə, istifadəçilərin icazəsi, məlumatların istifadəsində şəffaflıq və güclü qanunvericilik çərçivələri təmin edilməlidir. Şəxsi məlumatların süni intellekt ilə qorunması üçün etik prinsiplərə əməl etmək və təhlükəsizlik tədbirlərini gücləndirmək vacibdir.

Açar sözlər: *Süni İntellekt, Məxfilik, Federasiya edilmiş öyrənmə, Fərdi məxfilik, Məlumat sızıntıları, Deepfake.*

Süni intellekt və məxfilik anlayışının izahı: Süni intellekt və məxfilik bu günün texnologiya dünyasında ən çox müzakirə olunan mövzulardan biridir. Süni intellekt geniş miqyasda məlumatların toplanması, analizi və istifadəsi ilə bağlıdır, bu da şəxsi məlumatların məxfiliyinə ciddi təsir göstərir. Süni intellekt sistemləri böyük həcmli məlumat bazalarından öyrənərək daha dəqiq və effektiv nəticələr təqdim edir, lakin bununla yanaşı, istifadəçilərin şəxsi məlumatlarının icazəsiz toplanması və işlənməsi riski də artır.

- *Süni intellekt nədir?*

Süni intellekt, maşınların insan beyni kimi düşünmə və qərarvermə funksiyalarını yerinə yetirməsinə imkan verən texnologiyadır. Süni intellekt sistemləri maşın öyrənməsi (machine learning), dərin öyrənmə (deep learning) və təbii dil emalı (natural language processing) kimi metodlardan istifadə edərək böyük həcmdə məlumatları analiz edir və insanlara müxtəlif sahələrdə yardım göstərir. Süni intellektin tətbiq sahələri arasında səhiyyə, maliyyə, nəqliyyat, biznes və sosial media kimi sektorlar var.

- *Məxfilik nədir?*

Məxfilik, insanların şəxsi məlumatlarının icazəsiz istifadədən qorunmasını təmin edən bir hüquq və etik anlayışdır. Bu konsepsiya şəxsi məlumatların təhlükəsizliyini və məhdud şəkildə paylaşılmasını nəzərdə tutur. Şəxsi məlumatlar adətən ad, ünvan, telefon nömrəsi, e-poçt, biometrik məlumatlar, internetdə davranış analizi və sosial media fəaliyyətlərini əhatə edir.

- *Süni intellekt və məxfilik arasındakı əlaqə*

Süni intellekt sistemləri istifadəçi davranışlarını öyrənmək və daha yaxşı xidmətlər təqdim etmək üçün böyük həcmdə məlumat toplayır. Bu məlumatlar reklam məqsədləri, müştəri təcrübəsini yaxşılaşdırmaq, təhlükəsizlik və fərdiləşdirilmiş xidmətlər təqdim etmək üçün istifadə edilir. Lakin bu prosesdə məxfiliyin pozulması təhlükəsi yaranır. Süni intellekt və məxfilik arasında balans yaratmaq üçün məlumatların şifrələnməsi,

anonimləşdirilməsi və fərdi istifadəçilərə məlumatları üzərində daha çox nəzarət vermək kimi metodlar tətbiq olunur. Eyni zamanda, GDPR (Ümumi Məlumatların Qorunması Qaydası) və CCPA (Kaliforniya İstehlakçı Məxfiliyi Qanunu) kimi qanunlar, süni intellekt sistemlərinin şəxsi məlumatlarla necə davranmalı olduğunu tənzimləyir. Süni intellektin inkişafı ilə məxfilik məsələləri daha da əhəmiyyət qazanır. Süni intellektin verdiyi imkanlardan faydalanmaq üçün şəffaflıq və etik qaydalara riayət etmək vacibdir. İstifadəçilərin məlumatlarını qorumaq üçün həm fərdi səviyyədə, həm də dövlət və texnologiya şirkətləri səviyyəsində tədbirlər görülməlidir. Yalnız bu halda, süni intellektin inkişafı və məxfiliyin qorunması arasında balans yaratmaq mümkün olacaqdır.

Niyə süni intellektin şəxsi məlumatlarla işləməsi problem yarada bilər? Süni intellektin şəxsi məlumatlarla işləməsi bir sıra problemlər yarada bilər, çünki bu texnologiya böyük həcmdə fərdi məlumatları toplayır, analiz edir və müxtəlif məqsədlər üçün istifadə edir. Bu prosesdə məxfilik pozuntuları, məlumat sızıntıları və etik problemlər ortaya çıxa bilər. Aşağıda bu məsələnin əsas problemlərini izah edək:

1. Şəxsi məlumatların icazəsiz toplanması

Süni intellekt sistemləri çox vaxt istifadəçilərin xəbəri olmadan məlumatları toplayır. Sosial media platformaları, veb-saytlar, mobil tətbiqlər və ağıllı cihazlar süni intellekt vasitəsilə istifadəçi davranışlarını izləyir. Çox vaxt istifadəçilər fərdi məlumatlarının hansı məqsədlə istifadə olunduğunu bilmirlər.

Misal: Google, Facebook və digər texnologiya şirkətləri istifadəçilərin maraqlarını müəyyən etmək üçün onların axtarış tarixçəsini və onlayn davranışlarını təhlil edir. Bu məlumatlar çox vaxt icazəsiz şəkildə üçüncü tərəflərlə paylaşılır.

2. Məlumatların sui-istifadəsi

Süni intellekt tərəfindən toplanan şəxsi məlumatlar reklam hədəfləməsi, siyasi manipulyasiya, sosial mühəndislik hücumları və digər məqsədlər üçün istifadə oluna bilər. Bu, istifadəçilərin xəbəri olmadan onların fərdi həyatına müdaxilə edilməsinə səbəb ola bilər.

Misal: Cambridge Analytica qalmaqalı, Facebook-un istifadəçi məlumatlarını icazəsiz toplayaraq siyasi kampaniyalar üçün istifadə etdiyini göstərdi.

3. Məlumat sızıntıları və kiberhücumlar

Süni intellekt sistemləri böyük həcmdə məlumat saxladığı üçün kiberhücumçular üçün əsas hədəfə çevrilir. Əgər bu məlumatlar sızdırılarsa, şəxsi məlumatlar oğurlana və zərərli məqsədlər üçün istifadə oluna bilər.

Misal: 2017-ci ildə Equifax şirkətinin məlumat bazası hack olundu və 147 milyon insanın şəxsi məlumatları sızdırıldı. Süni intellektin bu cür məlumatlarla işləməsi onları daha həssas vəziyyətə gətirir.

4. Süni intellektin qərəzli və diskriminativ qərarları

Süni intellekt sistemləri təlim verilmiş məlumatlar əsasında qərarlar qəbul edir. Əgər bu məlumatlar qərəzli və ya natamamdırsa, süni intellekt ədalətsiz və diskriminativ nəticələr yarada bilər. Bu, xüsusilə işə qəbul, kredit dəyərləndirilməsi və hüquq sistemlərində ciddi problemlərə səbəb ola bilər.

Misal: Süni intellekt əsaslı işə qəbul sistemləri bəzən gender və etnik qruplara qarşı qərəzli ola bilər. Amazonun süni intellekt əsaslı işə qəbul sistemi kişiləri qadınlardan üstün tutduğu üçün 2018-ci ildə dayandırılmışdı.

5. Məxfilik və etik qaydaların pozulması

Süni intellektin istifadəçi məlumatlarını necə idarə etməsi ilə bağlı qanunvericilik və etik qaydalar hələ tam formalaşmayıb. Bu da bəzi şirkətlərin və hökumətlərin şəxsi məlumatlardan sui-istifadə etməsinə səbəb ola bilər.

Misal: Çində süni intellekt əsaslı üz tanıma texnologiyası geniş yayılıb və hökumət bu texnologiyanı vətəndaşların izlənməsi üçün istifadə edir. Bu, məxfilik hüquqlarının pozulması ilə bağlı narahatlıqlar yaradır.

6. Süni intellekt ilə deepfake və saxta məlumat problemi

Süni intellekt ilə yaradılan deepfake videolar və şəkillər insanların reputasiyasına ciddi ziyan vura bilər. Deepfake texnologiyası şəxsi məlumatların qorunmasını daha da çətinləşdirir.

Misal: Deepfake texnologiyası ilə insanların üzü və səsləri saxtalaşdırılaraq onlar haqqında yanlış məlumatlar yayılır.

Süni intellektin şəxsi məlumatlarla işləməsi ciddi məxfilik problemləri yaradır. Bunun qarşısını almaq üçün:

- Şəffaflıq və istifadəçi icazəsi sistemləri inkişaf etdirilməlidir.
- Qanunvericilik və məxfilik qaydaları gücləndirilməlidir.
- Süni intellekt sistemləri etik prinsiplərə uyğun şəkildə qurulmalıdır.

Süni intellekt və şəxsi məlumatların toplanması: Süni intellekt şəxsi məlumatlarla işlədikdə, fərdi məlumatları toplamaq və analiz etmək üçün müxtəlif üsullardan istifadə edir. Bu məlumatlar istifadəçilərin davranışlarını anlamağa, onlara fərdiləşdirilmiş təcrübələr təqdim etməyə və daha yaxşı xidmətlər yaratmağa imkan verir. Lakin bu proses həm də böyük məxfilik və etik suallar doğurur. Süni intellektin məlumat toplama metodları həm fərdi cihazlardan, həm də internetdəki fəaliyyətlərdən istifadə edir və bu məlumatların icazəsiz toplanması və istifadəsi riski daşıyır.

Süni intellekt necə və hansı məlumatları toplayır?

Süni intellekt, şəxsi məlumatları bir neçə fərqli mənbədən toplayır. Bu mənbələr əsasən onlayn fəaliyyətlər, smart cihazlar, biometrik məlumatlar və digər texnologiyalarla əlaqəli olur. Aşağıda bu məlumat toplama metodlarının əsas növlərini və necə işlədiklərini izah edirik:

1. *Sosial media və onlayn aktivliklər:* Sosial media platformaları, istifadəçilərin gündəlik həyatlarına dair çoxlu məlumat toplama imkanını təqdim edir. Facebook, Instagram, Twitter və TikTok kimi platformalar süni intellekt vasitəsilə istifadəçilərin fəaliyyətlərini, paylaşıqları məzmunu və qarşılıqlı əlaqələrini izləyir. Bu platformalar şunlar kimi məlumatları toplayır:
 - Paylaşılan məzmun: İstifadəçilərin yazdıqları postlar, şəkillər, videolar və reaksiyalar.
 - İnteraksiya və davranış: Nə vaxt və hansı məzmunla qarşılıqlı əlaqə qurulduğu, hansı səhifələrə baxıldığı, kimlərə "bəyən" düyməsi basıldığı və s.
 - Axtarış tarixçəsi: İstifadəçilərin hansı sözləri axtardığı və hansı məlumatlara maraq göstərdiyi.

Bu məlumatlar süni intellekt tərəfindən istifadəçilərin maraqlarını, sosial statusunu və davranışlarını təhlil etmək üçün toplanır. Hədəflənmiş reklamlar və fərdiləşdirilmiş təkliflər bunun nəticəsində təqdim edilir.

2. *Smart cihazlar və IoT (Internet of Things)*: Smart cihazlar və IoT cihazları istifadəçilərin fiziki fəaliyyətlərini izləmək və məlumat toplamaq üçün geniş istifadə olunur. Ağıllı telefonlar, ağıllı saatlar, hətta ev cihazları (məsələn, ağıllı termostatlar və ev təhlükəsizlik sistemləri) süni intellekt ilə əlaqəlidir və istifadəçilər haqqında müxtəlif növ məlumatlar toplayır:

- Fiziki fəaliyyətlər: Ağıllı saatlar və digər cihazlar istifadəçilərin addımlarını, yuxu rejimini, ürək döyüntüsünü və digər sağlamlıq göstəricilərini izləyir.
- Lokasiya məlumatları: GPS və digər geolokasiya xidmətləri istifadəçilərin harada olduğunu, necə hərəkət etdiklərini və harada zaman keçirdiklərini izləyir.
- Həyat tərzı məlumatları: Ağıllı ev cihazları, istifadəçinin evdəki fəaliyyətlərini izləyərək istilik, işıqlandırma və təhlükəsizlik sistemlərini idarə edir.

Bu məlumatlar süni intellekt tərəfindən toplanır və istifadəçiyə daha yaxşı xidmətlər təklif etmək, məsələn, fərdiləşdirilmiş sağlamlıq tövsiyələri və ev rahatlığı təmin etmək üçün istifadə olunur.

3. *Biometrik məlumatlar*: Biometrik məlumatlar, fiziki və davranış xüsusiyyətlərdən əldə edilən məlumatlardır ki, bunlar da süni intellekt tərəfindən istifadəçi identifikasiyası və izlənməsi məqsədilə toplanır. Biometrik məlumatlara daxildir:

- Üz tanıma: süni intellekt üz tanıma sistemləri insan üzlərinin unikallığını təhlil edərək kimlikləri müəyyən edir. Bu texnologiya çox vaxt təhlükəsizlik məqsədilə və ya ödəniş sistemlərində istifadə olunur.
- Səs tanıma: Telefonlar və digər cihazlar istifadəçilərin səsini analiz edərək əmr və ya komanda qəbul edə bilər.
- İz barmaq izi və iris skanları: Mobil telefonlarda, bankomatlarda və digər yerlərdə istifadəçilərin şəxsiyyətlərini təsdiq etmək üçün istifadə olunan biometriya texnologiyalarından biridir.

Bu məlumatlar şəxsi təhlükəsizliyi təmin etmək və cihazlara girişi asanlaşdırmaq məqsədilə toplanır, lakin əgər bu məlumatlar sızarsa, ciddi məxfilik riskləri yaranar.

Böyük texnologiya şirkətlərinin məlumat toplama üsulları: Böyük texnologiya şirkətləri, məsələn, Google, Facebook və OpenAI kimi şirkətlər, şəxsi məlumatları toplamaq və təhlil etmək üçün müxtəlif metodlardan istifadə edirlər. Onlar əsasən aşağıdakı üsulları tətbiq edirlər:

1. *Google*: Google, istifadəçi məlumatlarını toplamaq üçün bir neçə platformanı birləşdirir, o cümlədən Google axtarış, Gmail, YouTube, Android və Google Maps.
- Axtarış tarixçəsi: Google istifadəçilərin axtarışlarını və baxış tarixçələrini toplar.
- YouTube: YouTube istifadəçi fəaliyyətini izləyir, hansı videoların izləndiyini, hansı məzmunun bəyəndiyini və hansı reklamların daha çox izləndiyini qeyd edir.
- Google Maps: İstifadəçilərin yer məlumatlarını toplayır, beləliklə daha dəqiq və şəxsi məsləhətlər təqdim edir.
- Gmail: Google, istifadəçilərin e-poçtlarını təhlil edərək reklamları və digər xidmətləri fərdiləşdirir.

Bu məlumatlar süni intellekt tərəfindən təhlil edilərək istifadəçilərə hədəflənmiş reklamlar göstərmək, xidmətləri fərdiləşdirmək və daha yaxşı məhsul və xidmətlər təklif etmək üçün istifadə olunur.

2. *Facebook (Meta)*: Facebook, istifadəçilərin sosial fəaliyyətlərini, bəyənmələrini və paylaşımalarını təhlil edərək onlara uyğun reklamlar təqdim edir. Facebook həmçinin Messenger və Instagram kimi digər platformalarda məlumat toplayır.
 - **İnteraksiya və bəyənmələr**: Facebook istifadəçinin bəyənmə və şərh yazdığı postları izləyir.
 - **Sosial əlaqələr**: Facebook, istifadəçinin dostlarını, əlaqələrini və hər hansı bir qrupa qoşulma davranışlarını izləyir.
 - **Reklam hədəflənməsi**: İstifadəçilərin istifadə etdiyi məhsullar, baxdıqları videolar və hətta hansı səhifələrə daxil olduqları barədə məlumatlar toplamaqla daha effektiv reklamlar təqdim edir.
3. *OpenAI*: OpenAI, daha çox dil modelləri və süni intellekt tətbiqləri ilə məşğuldur. Bu şirkət, istifadəçilərin süni intellekt ilə qarşılıqlı əlaqəsini təhlil edir və daha yaxşı dil modelləri yaratmaq üçün bu məlumatları istifadə edir.
 - **Verilənlər bazası**: OpenAI, istifadəçilərin sorğularını və cavablarını təhlil edərək dil modeli təkmilləşdirir.
 - **Öyrənmə və təkmilləşdirmə**: Hər dəfə istifadəçi süni intellekt ilə qarşılıqlı əlaqəyə girəndə, OpenAI bu məlumatları öyrənmə məqsədilə istifadə edir.

Süni intellektin istifadəçi davranışlarını izləməsi və analitik üsulları: Süni intellektin ən güclü xüsusiyyətlərindən biri də istifadəçi davranışlarını izləmək və bu məlumatları təhlil etmək bacarığıdır. Bu, şirkətlərə daha hədəflənmiş reklamlar təqdim etmək, xidmətləri fərdiləşdirmək və istifadəçilərin ehtiyaclarını proqnozlaşdırmaq imkanı verir.

1. Davranış izləmə

Süni intellekt, istifadəçilərin veb saytlarda keçirdiyi vaxtı, hansı səhifələrə daxil olduqlarını və hansı məhsulları və ya xidmətləri araşdırdıqlarını izləyir. Bu məlumatlar daha sonra istifadəçinin alış-veriş vərdişlərini təhlil etmək və gələcəkdə onlara uyğun məhsul və xidmət təklifləri yaratmaq üçün istifadə olunur.

2. Proqnozlaşdırıcı analitika

Süni intellekt, istifadəçilərin gələcək davranışlarını proqnozlaşdırmaq üçün toplanan məlumatları təhlil edir. Məsələn, istifadəçilərin hansı növ məzmunu daha çox bəyəndiyini və buna görə də hansı reklamları görəcəklərini əvvəlcədən təxmin edir.

3. Fərdiləşdirilmiş təcrübə

Süni intellektin əsas üstünlüklərindən biri də fərdiləşdirilmiş təcrübələr təqdim etməkdir. İstifadəçi davranışlarını izləməklə, süni intellekt istifadəçiyə xüsusi ehtiyaclarına uyğun xidmətlər, tövsiyələr və məzmun təqdim edə bilər. Bu, sosial media platformalarında, onlayn alış-veriş saytlarında və hətta film və musiqi tətbiqlərində müşahidə edilir.

Süni intellektin şəxsi məlumatlarla işləməsi daha sürətli və daha effektiv xidmətlər təqdim etməklə yanaşı, istifadəçilərin məxfiliyinə və məlumat təhlükəsizliyinə ciddi təhdidlər yarada bilər. Sosial media, smart cihazlar, biometrik məlumatlar və digər mənbələrdən məlumat toplama üsulları süni intellektin istifadəsini daha da genişləndirir, lakin bununla bağlı etik və hüquqi məsələlər də ön plana çıxır. Bu səbəbdən, məlumatların təhlükəsizliyi və şəxsi məxfiliyin qorunması prioritet olmalıdır.

Məxfiliyin qorunması üçün həll yolları:

1. *Şəxsi məlumatların şifrələnməsi və anonimləşdirilməsi*

- Şifrələmə: Şəxsi məlumatlar şifrələnərək yalnız müəyyən şəxslər tərəfindən oxuna bilər. Bu, məlumatların icazəsiz şəxslərdən qorunmasına kömək edir. Məsələn, bank məlumatları və ya şəxsi sənədlər şifrələnmiş şəkildə saxlanılmalıdır.
- Anonimləşdirmə: Məlumatlar anonimləşdirilərək istifadəçinin şəxsiyyətini gizlətmək mümkündür. Bu üsul, məlumatların analiz üçün istifadəsini asanlaşdırır, lakin fərdi məlumatların təhlilini təhlükəsiz edir.

2. Süni intellekt ilə məxfilik arasında balans yaratmaq üçün yeni texnologiyalar

- Federated Learning (Fəlakətə qarşı öyrənmə): Bu texnologiya, məlumatların cihazda saxlanılaraq, istifadəçinin məlumatları buludda paylaşmadan süni intellektin öyrədilməsini təmin edir. Beləliklə, məlumatlar məxfi qalır və yalnız modelin ümumi nəticələri paylaşılır.
- Differential Privacy (Fərdi Gizlilik): Bu üsul, süni intellekt sistemlərinin məlumatları təhlil edərkən şəxsi məlumatların gizliliyini qoruyur. Məlumatlara "səs" əlavə edərək, fərdi məlumatları anonimləşdirir və analizdə istifadə edilir.

3. İstifadəçilərin öz məxfiliklərini qorumaq üçün tövsiyələr

- VPN (Virtual Private Network): VPN istifadə edərək, internetdə anonim surətdə gəzə bilərsiniz. VPN, internet trafikini şifrələyir və istifadəçini izləmək çətinləşdirir.
- Məlumat Paylaşımına Nəzarət: Sosial media və digər platformalarda hansı məlumatları paylaştığınızı diqqətlə izləyin. Mümkün olduqunca şəxsi məlumatları paylaşmaqdan çəkinin və məxfilik ayarlarını gücləndirin.
- Şəxsi Məlumatların Qorunması: Güclü şifrələrdən istifadə edin və iki faktorlu identifikasiya (2FA) tətbiq edin. Bu, hesablarınızı hakerlərdən qorumağa kömək edir.

Süni intellektin şəxsi məlumatlarla işləməsi ciddi məxfilik problemləri yaradır. Bunun qarşısını almaq üçün:

- Şəffaflıq və istifadəçi icazəsi sistemləri gücləndirilməli, istifadəçilərə məlumatlarının necə istifadə olunduğu barədə tam məlumat verilməlidir.
- Qanunvericilik və məxfilik qaydaları təkmilləşdirilməli, hüquqi çərçivə möhkəmləndirilməlidir.
- Süni intellekt sistemləri etik prinsiplərə uyğun qurulmalı, fərdi məlumatların qorunması ön planda tutulmalıdır.

Bu addımlar, süni intellektin təhlükəsiz və etik istifadəsini təmin edərək şəxsi məlumatların qorunmasına kömək edəcəkdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Dastin, R. L. (2019). Artificial Intelligence: Ethics and the Future of Data Privacy. *Journal of AI Research*, 12(4), 123-135.
2. European Commission (2020). General Data Protection Regulation (GDPR). *Official Journal of the European Union*, L119, 1-88.
3. Gibson, S. (2020). Privacy Concerns in the Era of AI. *Data Protection Quarterly*, 25(1), 101-115.
4. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
5. Kuner, C., & Svantesson, D. (2020). *AI and the Future of Data Protection Law*. Oxford University Press.

6. Parker, E., & Montgomery, J. (2019). AI and Social Media: Ethical Considerations in Data Use. *AI Ethics Review*, 5(2), 50-68.
7. Sharma, K. (2022). AI and the Challenge of Ensuring Data Privacy. *Journal of Digital Security*, 8(3), 230-245.

SUMMARY

Ilgar Novruzov

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND PRIVACY: CHALLENGES IN THE PROTECTION OF PERSONAL DATA

The processing of personal data by artificial intelligence raises various privacy concerns. To address these issues, advanced technologies like data encryption, anonymization, federated learning, and differential privacy can be applied. Additionally, user consent, transparency in data usage, and strong legislative frameworks should be ensured. Adhering to ethical principles and strengthening security measures are crucial for protecting personal data with AI.

Keywords: Artificial Intelligence, Privacy, Federated learning, Differential privacy, Data leaks, Deepfake.

АННОТАЦИЯ

Ильгар Новрузов

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Обработка персональных данных искусственным интеллектом вызывает различные проблемы конфиденциальности. Для их решения можно применять современные технологии, такие как шифрование данных, анонимизация, федеративное обучение и дифференциальная приватность. Кроме того, необходимо обеспечить согласие пользователей, прозрачность использования данных и прочную законодательную базу. Соблюдение этических принципов и усиление мер безопасности крайне важно для защиты персональных данных при использовании ИИ.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, Конфиденциальность, Федеративное обучение, Дифференциальная приватность, Утечки данных, Deepfake.

KİBERCİNAYƏTLƏRİN BİR NÖVÜ KİMİ RANSOMWARE HÜCUMLARI: ƏSAS TƏHDİDLƏR, HÜQUQİ TƏNZİMLƏMƏ VƏ MÜDAFİƏ STRATEGİYALARI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419606>

Kamran XƏLİLOV

kamran.khalilov.isa@bsu.edu.az

<https://orcid.org/0000-0002-0086-009X>

XÜLASƏ

Müasir rəqəmsal dünyada dövlət qurumlarını, cəmiyyətləri və ayrı-ayrı fərdlərin həyatını təhdid edən kibercinayətlərin sayı durmadan artmaqda davam edir. Bu kiber təhlükələrdən biri də gündəlik həyatda tez-tez qarşılaşdığımız ransomware hücumlarıdır. Kibercinayətkarlar tərəfindən ən çox mürciət edilən, həmçinin bütün internet istifadəçiləri üçün böyük təhlükə yaradan və müəyyən edilməsi çətin olan ransomware hücumları hüquq mühafizə orqanları ilə vətəndaşların birgə əməkdaşlıq fəaliyyətini zəruri edir. Kibercinayətkarlar əsasən zərərli faylları istifadəçilərin cihazına yoluxdurmaqla, həmçinin məlumatları şifrələməklə onlara hücum edir və bunun müqabilində maddi mənfəət əldə etməyə çalışırlar.

Bu baxımdan ransomware hücumlarının cinayətkar xarakteristikasını bilmək və ona qarşı mümkün mübarizə üsullarını təmin etmək vacibdir. Bu məqalə kibercinayətlərin bir növü kimi ransomware hücumlarının kriminalistik mahiyyətini müəyyən etməklə, onun ictimai təhlükəlilik dərəcəsini, növlərini və həyata keçirilməsi üsullarını izah edir. Həmçinin bu tədqiqat vasitəsilə kibercinayətkarlıqla mübarizə çərçivəsində ransomware hücumlarına qarşı adekvat tədbirlərin görülməsi üçün müvafiq strategiyalar analiz edilir və onların yeni klasifikasiyası təklif olunur.

Açar sözlər: ransomware, kibercinayət, hücum, təhdid, virus, mübarizə.

GİRİŞ

Müasir rəqəmsal dünyanın ən böyük təhdidlərindən biri olan ransomware hücumları kibercinayətkarlıq sahəsində mübarizə aparılması vacib olan fenomene çevrilmişdir. Ransomware hücumları artıq texniki bir problem deyil, həm də beynəlxalq əməkdaşlıq və müvafiq hüquqi reaksiyalar tələb edən mühüm hüquqi və milli təhlükəsizlik məsələsi hesab edilə bilər.

Ransomware sözü ingilis dilindən tərcümədə fidyə deməkdir və “ransom” və “software” sözlərinin kombinasiyasından alınmışdır. Mahiyyət olaraq, fidyə proqram təminatı və ya zərərli virus kimi çıxış edən ransomware texniki cihazın istifadəçisinin iradəsi əleyhinə fəaliyyət göstərir. Əslində, ransomware hücumları “malware” (Malicious Software - Zərərli Proqram Təminatı) adlandırılan virus şəbəkəsinin bir növüdür [9, s.4].

Ransomware hücumları 2013-cü ildən populyarlıq qazansa da, 2017-ci ildən bəri artıq bütün dünyada mürciət olunan ən məşhur kibercinayət növlərindən birinə çevrildi. Əslində, onun tarixi 20-ci əsrin sonlarında başlamışdı. Belə ki, ilk ransomware nümunəsi 1989-cu ildə hazırlanan və hazırda Troya atı kimi məşhur olan virus formasında olmuşdur. Sistemi yoluxduran bu proqram təminatı faylların şifrələnməsini həyata keçirərək, əvəzində fidyə tələb etmişdi. Lakin, həmin hücumlar hədəflənən insan sayının azlığı və şifrələmənin zəif olması

səbəbindən uğurlu ola bilmədi. Bu sahədə 2005-ci ilə qədər elə də ciddi irəliləyiş müşahidə olunmadı. Daha sonra müvafiq olaraq 2005-ci ildə "Gpcode, 2006-cı ildə "Archiveus", 2012-ci ildə isə "Reveton" kimi proqram təminatı və viruslardan istifadə olunaraq bir sıra ciddi ransomware hücumları həyata keçirilmişdir [29]. 2013-cü ildə baş verən ransomware hücumu bu kibercinayətin ən məşhur insidenti olmuşdur. Belə ki, "Cryptolocker" proqram təminatı vasitəsilə edilmiş hücumda kibercinayətkarlar 3 milyon ABŞ dolları qazanmışdır [30]. 2017-ci ildə "WannaCry" proqram təminatı vasitəsilə edilmiş hücum həmin tarixədək baş vermiş ən ciddi ransomware təhlükəsi idi. Belə ki, dünya üzrə 150-yə yaxın ölkədə müxtəlif təşkilatları və fərdləri hədəf alan bu hücum nəticəsində ümumilikdə, kibercinayətkarlar 4 milyard ABŞ dolları məbləğində gəlir əldə etmişdir [31].

Peşəkar bacarıq tələb edən ransomware proqram təminatı istifadəçi fayllarını şifrələmək və ya sistemə giriş imkanlarını məhdudlaşdırmaq məqsədilə ilə dizayn edilmişdir. Cinayətkar adətən virusu fişinq e-poçtları və ya zərərli veb-saytlar vasitəsilə yayaraq, giriş əldə etmək üçün kompüter sistemlərindəki boşluqlardan istifadə edir. Şəbəkəyə və ya cihaza daxil olduqdan sonra ransomware qiymətli məlumat və faylları axtarır və mürəkkəb alqoritmlərdən istifadə edərək onları şifrələyir. Bu prosedurdan sonra, cinayətkar məlumatları girov götürərək qurbanlardan müxtəlif məbləğlərdə fidyə tələb edir. Yoluxmuş sistemin istifadəçiləri adətən çıxılmaz seçim qarşısında qalırlar: tələb olunan məbləği ödəyərək məlumatları geri almaq və ya onların tamamilə itirilməsinə razı olmaq [22].

Hər il dünyada müxtəlif səviyyədə ransomware hücumları həyata keçirilir. Belə hücumların nə dərəcədə təhlükəli olduğunu və real nəticələrini bir sıra statistik məlumatlar da təsdiq edir. Məsələn, təkcə 2023-cü ildə təşkil olunan ransomware hücumlarının ümumi sayı 317.59 milyon təşkil edib [26]. Bu cür hücumlar nəticəsində bu günə qədər dünya iqtisadiyyatına ümumilikdə 10 milyard avro məbləğində ziyan dəymişdir [27]. Ransomware hücumları nəticəsində ödənilən fidyə məbləğləri isə 800 milyon ABŞ dollarından çoxdur [28].

Ransomware hücumlarının nəticələri ağlasızmaz dərəcədə geniş miqyaslı və kritik ola bilər. Belə ki, ciddi maliyyə itkilərinə, şərəf və ləyaqətin ləkələnməsinə və ya korporativ nüfuzun zədələnməsinə, eləcə də bu tip hücumların təsirinə tuş gəlmiş təşkilatların normal fəaliyyətinin pozulmasına gətirib çıxarır. Belə hücumlar ayrı-ayrı fərdlərdən tutmuş iri təşkilatlara qədər müxtəlif subyektləri, həmçinin səhiyyə, maliyyə, təhsil və dövlət qurumlarını hədəf ala bilər. Dövlətlərin kritik infrastrukturuları başda olmaqla, səhiyyə sistemində xəstələrin şəxsi məlumatlarının saxlandığı verilənlər bazası, şirkətlərin əhəmiyyətli bank və digər konfidensial məlumatlarının mühafizə edildiyi fayllar, eləcə də istənilən növ yüksək dəyərə malik informasiya mənbələri ransomware cinayətkarlarının əsas hücum hədəfləri kimi çıxış edir.

RANSOMWARE HÜCUMLARININ ANATOMİYASI:

Hər şeydən öncə, ransomware hücumları bir prosedur formasında tətbiq olunur və hər bir məhələnin təyinatı və tətbiq edilən üsul və vasitələr fərqli xarakter daşıyır. Nəzəriyyədə ransomware hücumlarının mərhələlər üzrə bölgüsünə dair müxtəlif yanaşmalar mövcud olsa da, ən ümumi yanaşma ilə aşağıda qeyd olunmuş 5 əsas mərhələdə həyata keçirilir:

1) Yoluxdurma (Infection) – hücumun ilkin mərhələsi kimi sistemə ransomware xarakterli virusların daxil edilməsi yolu ilə həyata keçirilir. Maraqlısı budur ki, istifadəçi cinayətkara zərərli giriş üçün bilməyərəkdən icazə vermiş olur. Cinayətkarcasına daxil olma daha çox fişinq hücumu və ya zərərli linklərə klikləmə zamanı baş verir [20]. Yəni, ransomware faktının baş verməsi əslində, istifadəçinin yaxın zamanda daxil olduğu hansısa zərərli link və ya e-poçt göstərişindən qaynaqlanmışdır. Göründüyü kimi, ilkin mərhələdə yoluxma məhz texniki cihaz istifadəçisinin diqqətsizliyi ucbatından meydana çıxır [6];

2) Çatdırılma (Delivery) - Dağıtım: bu mərhələsində sistem icra faylını göstəriş kimi yeritməklə yoluxmağa başlayır. Həmçinin bu zərərli proqram sistemlə birlikdə ortaya çıxır və sistemin yenidən başlamasından sonra belə yoluxmanın qalmasını təmin etmək üçün qeyd dəftəri açarlarını dəyişdirir. yoluxmanın qalacağına əmin olmaq üçün qeydiyyat açarlarını dəyişdirir. Nəticə etibarilə, məlumatların kodlaşdırılması müəyyən edilmiş spam əsasında öz-özünə davam edir [2, s.2];

3) Ehtiyat nüsxələrə hücum (Backup attack) – ransomware hücumlarında xüsusi bir taktikadır. Belə ki, bu mərhələdə ransomware ehtiyat sistemini söndürməyə çalışır [21, s.19]. Daha dəqiq desək, cinayətkarlar sistemin bərpa prosesinə mane olmaq üçün ehtiyat nüsxələri silir və ya şifrələyir ki, qurbanın alternativ çıxış yolu qalmasın. Belə olan halda, qurbana fidyə ödəməsi üçün təzyiq etmək daha rahat olur və məlumat itkisi nəticəsində biznes prosesinə əhəmiyyətli zərər dəyməsi ehtimalı yüksəlir [12, s.15];

4) Şifrələmə (Encryption) – ransomware hücumlarının ən vacib və həlledici mərhələsi kimi hesab edilə bilər. Belə ki, hücum edənlər tərəfindən istifadəçinin məlumatlarına çıxışı məhdudlaşdırmaq üçün istifadə edilən əsas metoddur. Bu zaman ransomware proqramı sistemdə mövcud olan faylları və ya verilənləri güclü kriptografik alqoritmlər vasitəsilə şifrələyir və bunun nəticəsində istifadəçi həmin məlumatları açə bilmir. Müasir ransomware hücumlarında adətən AES (Advanced Encryption Standard) və RSA (Rivest-Shamir-Adleman) kimi şifrələmə protokolları tətbiq edilir. Mahiyyət olaraq, AES simmetrik şifrələmə üsulu kimi məlumatları yüksək sürətlə kodlaşdırsa da, RSA asimmetrik metoddan istifadə edərək ictimai və şəxsi açarlar vasitəsilə daha mürəkkəb müdafiə mexanizmi yarada bilər. Daha dəqiq desək, AES alqoritmı vasitəsilə məlumatlar şifrələnir, RSA metodu isə şifrələmə açarını yalnız hücum edənlər açə bilsin deyə yüksək tələblər daxilində qorumağa çalışır. Təcrübədə kibercinayətkarlar hər iki üsulu onların qarşılıqlı əlaqəsindən məharətlə istifadə edərək tətbiq edirlər [23, 16, s.567-568]. Şifrələmə proseduru çox vaxt istifadəçinin xəbəri olmadan icra olunur. İstifadəçi məsələnin mahiyyətini dərk edərək hərəkətə keçsə belə, müdaxilə edə bilmədən prosedur başa çatmış olur. Həmçinin bəzi ransomware proqramları bu mərhələyə keçid etməzdən öncə sistemin daxili təhlükəsizlik divarlarını aşə bilər, yəni onları deaktiv edir. Bununla da, o, virus əleyhinə qoruyucu proqramları bloklayır, ehtiyat nüsxələri silərək istifadəçinin alternativ bərpa üsullarına əlçatanlığını məhdudlaşdırır. Bəzən ransomware proqram təminatı sistemdəki faylların adlarını dəyişdirir və onlara xüsusi uzantılar əlavə edərək virusun mənbəyinin tapılması çətinləşdirərək sistemin işləmə mexanizmini korlayır [5, s.6];

5) İstifadəçiyə bildirişin göndərilməsi (User notification) – ransomware hücumlarının yekun mərhələsi olub kibercinayətkarın qurbanla bilavəsitə ünsiyyətə keçərək müəyyən məbləğdə fidyə tələbini təqdim etməsindən ibarətdir. Müvafiq bildirişlər fərqli alətlərlə (sistemdə açılan pəncərələr, xüsusi mətn faylları, e-poçt və s.) istifadəçinin diqqətinə çatdırılır [24]. Əksər hallarda həmin bildirişlərdə fidyə məbləği, ödəniş üsulları və vaxt məhdudiyyəti haqqında məlumatlar öz əksini tapır. Ransomware hücumlarında kibercinayətkarlar bir çox hallarda ödəniş zamanı yerlərinin müəyyən edilməsin qarşısını almaq məqsədilə kriptovalyuta ödəniş üsulundan istifadə edirlər. Bəzən qurbanın külli miqdarda pulu tez bir zamanda ödəməsinə təmin etmək üçün göndərilən fidyə bildirişində geri sayma funksiyasından istifadə olunur. Bu yolla fırılacaqılar məlumatların silinəcəyi və ya məxfi məlumatların yayılacağı barədə təhdidlər etməklə qarşı tərəfə maksimal həddə təzyiq etməyə çalışırlar [21, s.20]. Bu mərhələdə istifadə olunan maraqlı üsullardan biri də şifrələnmiş məlumatın və ya faylın bir hissəsinə girişin kibercinayətkar tərəfindən könüllü icazə verilməsi ilə bağlıdır. Belə ki, kibercinayətkar qarşı tərəfdə inam yaratmaq və baş verə biləcək təhlükələr barədə qurbanda aydın təsəvvür yaratmaq üçün az sayda şifrələnmiş faylı geri qaytarır və digər qalan hissə üçün lazım olan pulu tələb edirlər. Buna ransomware hücumlarında “ikiqat təzyiq (double extortion)” metodu deyilir. Bu strategiya vasitəsilə hücum edənlər təkcə məlumatları şifrələməklə kifayətlənməyib, həm də fidyə ödənilmədiyi təqdirdə üçüncü şəxslərə ötürə biləcəyini bildirirlər [13, s.5].

Ransomware hücumlarının hər bir mərhələsində kibercinayətkarlar özünəməxsus alətlərdən və metodlardan istifadə edirlər. Bu növ hücumlarda kibercinayətkarların istifadə etdiyi ən sadə üsullardan biri zərərli elektron poçt və ya fişinq xarakterli mesajlardır. Məzmununda yerləşdirilmiş zərərli keçidlərə (linklər) klikləyərək daxil olmaları qurbanlar üçün ransomware kabusunun başlanğıcı kimi hesab oluna bilər [2, s.3]. Məlum olduğu kimi, fişinq hücumlarını həyata keçirərkən kibercinayətkarlar fərqli, amma bir-birilə yaxından əlaqəli psixoloji maneələri tətbiq edirlər. Belə ki, onlar fərdlərin qərar qəbul etmə proseslərinə təsir göstərmək üçün güclü emosiyalara müraciət edərək, onları müəyyən hərəkətlər etməyə məcbur edir. Məsələn, həvəsləndirmə, vaciblik, qorxu kimi insani hisslər istismar olunur. Buna uyğun olaraq, linkə klikləmək, əlavə yükləmək və ya formanı doldurmaq müqabilində qurbanlara maliyyə mükafatı və ya xüsusi sövdələşmə təklif olunur. Bəzən cinayətkarlar vaxt baxımdan təzyiq yaratmaq və sürətli hərəkətə keçmək üçün fəvqəladə senarilər yaradırlar. Həmçinin qurbanlar müəyyən profilaktiki tədbir görməsələr bank hesabının dayandırılması və ya digər uydurma “qanuni hərəkətlərlə” hədələnilirlər [15, s.5].

Qeyd olunanlara əsasən, ransomware viruslarının ümumi xüsusiyyətlərini aşağıdakı kimi qruplaşdırma bilərik: - Onlar güclü şifrələmə alqoritmindən istifadə edirlər (Məsələn, CryptoLocker RSA – 2048 şifrələməsi alqoritm); - Bir çox fayl formatlarını şifrələmək imkanı var; - Onlar həmçinin fayl adlarını şifrələdikləri üçün hansı faylın virusa yoluxduğunu təxmin etmək çətindir; - Fayl adlarına .docx.rsrc kimi müxtəlif uzantılar əlavə edə bilər; - Ekranı fidyə mesajı şəklində görünür; - Kriptovalyutalar daha çox mənfəət kimi əldə edilir; - Zərərçəkmişin məlumat sistemi ilə cinayətkarın məlumat sistemi arasında əlaqə zamanı TOR kimi təhlükəsiz rabitə şəbəkələrindən istifadə olunur; - Antivirus proqramları tərəfindən aşkarlanmamaq üçün

mürəkkəb üsullardan istifadə edir; - O, tez-tez qurbanın kompüter sistemini sonrakı hücumlarda istifadə edilmək üçün botnetə çevirir; - İnformasiya sistemindəki məlumatları əlçatmaz edərkən, əksər hallarda sistemin normal işini pozmur [17, s.28].

HÜQUQİ ÇƏRÇİVƏDƏ MÜBARİZƏ VƏ MÜDAFİƏ STRATEGİYALARI:

Ransomware hücumları ilə mübarizə hüquq mühafizə orqanlarının qarşısında duran ən vacib məsələlərdən biridir. Lakin bu vəzifə təkcə dövlətin səlahiyyətli orqanlarının üzərinə düşmür, çünki bu tip hücumlar internet istifadəçilərini gündəlik narahat edən fenomendir. Bu cür hücumlarla mübarizə təkcə milli səviyyədə deyil, həm də regional və beynəlxalq müstəvidə aparılmalıdır. Ransomware hücumları ilə mübarizənin beynəlxalq hüquqi təsbiti 2001-ci il tarixli Budapeşt Konvensiyasının normalarında əks olunmuşdur. Sözügedən sənədin 2-ci maddəsinə (Qanunsuz daxil olma) əsasən, Konvensiyanı imzalayan dövlətlər qanunsuz şəkildə və ya səlahiyyətləri aşaraq kompüter sistemlərinə daxil olmağa yönəlmiş hərəkətləri cinayət əməli kimi qəbul etməlidir. Bu norma ransomware hücumlarının əsas özəyini təşkil edən sistemin normal fəaliyyətini pozmaq və istifadəçilərin məlumatlarına və ya fayllarına daxil olmaq hərəkətlərini ehtiva edir. Həmin Konvensiyanın 3-cü maddəsinə (Qanunsuz ələ keçirmə) əsasən tərəflər kompüter sistemi üzərindən göndərilən və ya alınan məlumatların qanunsuz olaraq əldə edilməsi və dəyişdirilməsi hərəkətlərini cinayət əməli kimi tanımalıdır. Göründüyü kimi, bu norma özlüyündə ransomware hücumlarının xarakteristikasını müəyyən mənada ifadə edə bilir. Belə ki, ransomware hücumları zamanı məlumatlar şifrələnir və bu məlumatlar ələ keçirilir və ya dəyişdirilərək, sonda qurbanlardan müəyyən məbləğdə pul tələb olunur. Bundan başqa, Konvensiyanın 4-cü (Verilənlərə müdaxilə), 5-ci (Sistemlərə müdaxilə) və 6-cı (Qurğulardan qanunsuz istifadə) maddələri ransomware hücumları ilə edilən hərəkətləri – məlumatları şifrələmək və fidyə tələb etmək, sistemin işləmə mexanizmini pozmaq və ya hər hansı girişi bloklamaq, zərərli proqramların və virusların yayılması – həm bilavəsitə, həm də dolaylı yolla ifadə edə bilir [7].

Regional səviyyədə qəbul edilmiş aktlardan ən vacibləri sırasında Avropa Parlamenti və Avropa Şurasının “İnformasiya sistemlərinə qarşı hücumlar haqqında” Direktivi (2013/40/EU) və Avropa Parlamentinin Ümumi Məlumatların Qorunması Rəqlamentini (GDPR) göstərmək olar. Müvafiq Direktivin 6-cı maddəsində zərərli proqramların yaradılması və yayılması ilə bağlı fəaliyyətləri cinayət hesab edilməsi ransomware hücumlarının hüquqi tənzimlənməsini müəyyən edir [10]. Bununla yanaşı, adı çəkilən Rəqlamentin 32-ci və 33-cü maddəsi ransomware hücumları ilə əlaqədar məsələlərə diqqət çəkir. Belə ki, 32-ci maddə (Məlumatın təhlükəsizliyi) məlumatın təhlükəsizliyini təmin etmək adekvat əks tədbirlərin görülməsini və profilaktiki işlərin icrasını diqqətə edir. Çünki, bu tip hücumlar zamanı kibercinayətkar bəzən sistemdəki təhlükəsizlik boşluqlarından istifadə edir. Bu norma ilə həmin boşluqların aradan qaldırılmasının vacibliyi ifadə olunmuşdur. Direktivin 33-cü maddəsi (Məlumat pozuntusunun bildirilməsi) isə sistemdəki istifadəçi məlumatlarının pozulması halında baş vermiş kiberinsident haqqında səlahiyyətli orqanlara 72 saat ərzində məlumat verilməsini ifadə edir. Bu hal daha çox ransomware hücumları zamanı fidyə tələb olunması halında baş verir ki, hadisəyə operativ cavab verilməsi üçün vacib addımdır [18].

Hazırda Azərbaycan Respublikasının Cinayət Məcəlləsində fidyə qarşılığında məlumatların tələb olunması və bu cinayətkar fəaliyyətə bağlı olaraq həyata keçirilən oxşar qanunsuz əməllərin kriminallaşdırılması ayrıca maddə kimi nəzərdə tutulmasa da, ilkin olaraq CM-nin 273-cü maddəsi (Kompüter sisteminə və ya kompüter məlumatlarına qanunsuz müdaxilə) və 273-2-ci maddəsi (Kompüter məlumatlarının saxtalaşdırılması) bu əməllərin müəyyən səviyyədə özündə ehtiva etdiyini düşündürür. Həmçinin Məcəllənin 178-ci maddəsi (Dələduzluq) üzrə dələduzluq hərəkətlərinin rəqəmsal şəraitdə icrası bu tip hücumlarının realizəsi kimi başa düşülə bilər [3]. Lakin, Azərbaycan Respublikasının cinayət qanunvericiliyində konkret olaraq ransom virusları tərəfindən icra olunan cinayətkar əməllər ayrıca olaraq göstərilməmişdir. Bu baxımdan, qeyd olunan maddələr cinayətkarın məqsədini, hücumun texniki mexanizmini və əməlin ictimai təhlükəlilik dərəcəsini tam şəkildə ehtiva etmir. Buna görə də, ransomware hücumlarının ayrıca bənd kimi AR CM-də kriminallaşdırılması zəruri addım hesab edilə bilər.

Fikrimizcə, bu zərurət özünü bir neçə formada göstərir. Birincisi, bu tip hücumların əsas məqsədi informasiya bloklaşdırılması vasitəsilə qarşı tərəfə təzyiq tətbiq edərək müəyyən məbləğdə maddi gəlir əldə etməkdir. Bu isə həm texniki, həm də hüquqi baxımdan klassik dələduzluq və kompüter cinayətləri ilə müqayisədə fərqli struktur ortaya çıxarır. İkincisi, belə hücumlar daha çox transsərhəd xarakter daşıyır və təşkilatlanmış şəkildə icra olunur ki, bu da onların transmilli cinayət əlamətləri daşmasına səbəb olur. Üçüncüsü, ransomware cinayətlərinin xüsusilə səhiyyə sistemləri, enerji infrastrukturunu, təhsil müəssisələri kimi ictimai əhəmiyyətli subyektlərə qarşı yönəlməsi, onların ictimai təhlükəlilik dərəcəsini əhəmiyyətli dərəcədə artırır.

Bundan əlavə, ransomware hücumlarının araşdırılmasında cinayət-prosessual aspekt də vacib məqamlardan biridir. Belə ki, bu tip hücumlar üzrə müvafiq cinayət işinin açılması, ilkin sübutların əldə edilməsi və rəqəmsal sübutların qanuniliyinin əsaslandırılması zəruri addımlardır. Bəs problem necə formalaşır? Məlum olduğu kimi, bir çox ransomware hücumlarına məruz qalmış istifadəçilər və ya təşkilatlar bu barədə hüquq mühafizə orqanına lazımi vaxtda məlumat vermirlər. Bunun əsas səbəbi hüquqi şəxslərin reputasiya və kommersiya itkisi ilə üz-üzə qalma qorxusudur. Həmçinin bəzən fırıldaqçılarla danışıqların aparılması və bu yolla məlumatların bərpa edilməsinə olan ümid istintaq orqanlarının iş üzrə vaxtında informasiya əldə etmək imkanını məhdudlaşdırır. Nəticədə isə müvafiq kibercinayət üzrə cinayət işinin başlanması ləngiyə bilər. Çünki, cinayət işinin başlanması üçün kifayət qədər səbəb və əsasların olması vacibdir [4]. Lakin, müvafiq kibercinayətə dair ilkin sübutların əksəriyyəti texniki və xarici platformalarda yerləşdiyi üçün cinayət işinin başlanması üçün əsasların mövcudluğu sual altına düşür. Bu problemin həlli üçün təklif edirik ki, rəqəmsal mühitlərdə baş vermiş dəyişikliklər aktlaşdırılmalı, şifrələnmiş fayl nümunələri və təhdid xarakterli mesajlar protokollaşdırılmalı və vaxtında hüquq mühafizə orqanlarına məlumat verilməlidir.

Cinayət-prosessual baxımdan diqqət olunması lazım olan digər məsələ rəqəmsal sübutların əldə edilməsi ilə bağlıdır. AR CPM-nin 135.1-ci maddəsinə əsasən *“Cinayət təqibi üzrə əhəmiyyət kəsb edən məlumatları hərflər, rəqəm, qrafika və digər işarə formasında özündə əks etdirən*

kağız, elektron və ya digər daşıyıcılar sənəd hesab olunur” [4]. Belə ki, ransomware hücumlarından dərhal sonra və ya həmin müddətdə əldə edilən məlumatlar sonda məhkəmədə sübut kimi tanınmalıdır. Lakin, problem budur ki, ransomware hücumlarında həmin sübutların orijinallığı, dataların dəyişdirilmədiyi və hüquqazidd müdaxiləyə məruz qalmadığı kimi cəhətlər sübuta yetirilməlidir. Buna görə də, sübutların toplanılması zamanı “chain of custody” (sübutların ardıcılıqla qorunması zənciri) prinsipi tətbiq edilməli və rəqəmsal sübutlar kriptoloji üsullarla (məsələn, hash metdou) təsdiqlənməlidir.

Ransomware hücumları ilə hüquqi müstəvidə mübarizə aparılması hüquqi və texniki maarifləndirmənin qarşılıqlı əlaqəsi kimi nəzərə çarpan çoxsaxəli və kompleks fəaliyyətdir. Ransomware hücumlarından qorunmaq üçün maarifləndirmə işlərinin aparılması və istifadəçilərdə bu tip qanunsuz fəaliyyətlərə qarşı hüquqi sayıqlıq formalaşdırmaq vacibdir. Nəzəriyyədə çoxsaylı mübarizə üsullarının mövcudluğunu nəzərə alaraq, mözğunun məhz bu hissəsinin daha rahat anlaşılması üçün zaman yönümlü yanaşma tətbiq edilməsini məqsədmüvafiq hesab edirik. Buna uyğun olaraq, kibercinayətlərin bu növündən qorunmağın üsullarını 2 mərhələdə qruplaşdırma bilərik. Ransomware hücumlarına yoluxmadan öncəki və sonrakı mərhələlər.

Birinci mərhələ: Yoluxmadan öncəki mərhələ - qabaqlayıcı tədbirlərin görülməsi kimi də adlandırıla bilər. Əsas məqsəd hər hansı yoluxma faktı baş vermədən sistemi ransomware hücumlarına qarşı dayanıqlı hala gətirməkdir. Nəzərə almaq lazımdır ki, ransomware hücumları əsasən ya istifadəçilərin diqqətsizliyi ucbatından, ya da sistemdəki boşluqlardan dolayı baş verir. Bu mərhələ ransomware hücumlarına qarşı ayıq-sayıqlığı təmin edən kompleks üsulların sistemidir. Bu sistem daxilində biz bir çox yolları təqdim edə bilərik. İlkin olaraq, istifadəçilər xüsusilə e-poçt yazışmalarında daha diqqətli olmalıdır. Çünki, ransomware hücumlarında ən çox müraciət edilən üsul kimi məhz spam e-poçtlar təhlükə mənbəyi kimi çıxış edir. Zərərli e-poçtların istifadəçilərə əlçatanlığını minimuma endirmək üçün filtrasiya xidmətlərindən istifadə vacibdir. Belə ki, bir çox bu tip hücumlarda e-poçtların tərkibində zərərli məzmun və ya JavaScript kodlarının əks olunması yoxlanılmalı və riskli faktor aşkar edildikdə dərhal bloklanmalıdır. Son zamanlarda edilmiş ransomware hücumlarını analiz etdikdə aydın olur ki, bu zərərli proqram təminatı istifadəçilərin əməliyyat sistemində və ya veb-brauzerində mövcud olan məlum və naməlum boşluqlardan məharətlə istifadə edir. Bu baxımdan, əməliyyat sistemlərinin, antivirus proqramlarının və digər tətbiqlərin mütəmadi yenilənməsi əhəmiyyətlidir. Bu işə təhlükəsizlik yeniləmələrinin vaxtında quraşdırılması yolu ilə təmin edilə bilər. Həmçinin digər bir mübarizə üsulu kimi, sistemlərdə müdaxilələrin qarşısını alan texnoloji vasitələrdən (Intrusion Prevention System – IPS) istifadə edilməlidir. Bu cür vasitələr şübhəli şəbəkə axınını aşkar edərək bloklayır. Bundan əlavə, icazəsiz proqramların işləmə mexanizmini məhdudlaşdıran sərt qaydalar müəyyən edilməlidir. Bu yolla zərərli proqram təminatının sistemin arxa planında işləməsinin və sistemə illegal nəzarət olunmasını əngəlləyir [25, 8, s.140]. Ransomware hücumlarının daha çox kollektiv birliklərə (iş yerləri, banklar, təşkilatlar və s.) qarşı təşkil edildiyini nəzərə alaraq, birgə kibertəhlükəsizlik təcrübələrinin tətbiqi də effektiv çıxış yolu ola bilər. Belə ki, iş yerlərində istifadəçilər tərəfindən güclü və unikal parolların təyin olunması, parolların

təhlükəsiz şəraitdə saxlanılması və vaxtaşırı dəyişdirilməsi, işçilər üçün kibertəhlükəsizlik üzrə təlimlərin təşkil edilməsi, eləcə də qurum daxilində rabitə, məlumat mübadiləsinin autentifikasiyasının yoxlanılması və sosial şəbəkələrdə təhlükəsiz davranış qaydalarına riayət edilməsi ciddi şəkildə diqqətə alınmalıdır [25].

Bu mərhələyə aid tədbirlərdən biri də məlumatların ehtiyat nüsxələrinin hazırlanması və izolyasiyasını təmin etməkdir. Belə ki, istifadəçilər mütəmadi şəkildə məlumatlarını və onların saxlandığı faylların ehtiyat nüsxələrini çıxarmalı və şəbəkədən ayrılmış şəkildə (offline) saxlamalıdır. Kibercinayətkarlar ransomware vasitəsilə faylları oğurlasalar belə, istifadəçinin ehtiyat nüsxəsi olduğu üçün hücum o qədər də əhəmiyyətli olmayacaqdır. Həmçinin məlumatların şəbəkədən izolyasiya olunmuş vəziyyətdə saxlanılması həmin məlumatlara əlçatanlığı minimuma endirməklə digər sistemlərə yayılmasının da qarşısını almış olur. Əslində bu tədbir yoluxmadan öncəki mərhələni əhatə etsə də, bəzi hallar üçün yoluxmadan sonrakı hallar üçün də keçərliliyi ola bilər. Məsələn, hücum aşkar edildikdən sonra yoluxmuş sistemdəki virusun digərlərinə keçməsinə əngəlləmək üçün yoluxmuş sistem digərlərindən təcrid olunur. Həmçinin yoluxmuş serverin dərhal şəbəkədən ayrılması və ehtiyat nüsxələrdən istifadə edilərək yenilənmiş sistemlərin qurulması bu kimi tədbirlərin yoluxmadan sonra da tətbiq edilməliyini əyani şəkildə sübut edir [25].

İkinci mərhələ: Yoluxmadan sonrakı mərhələ - yoluxmuş sistem üçün bərpa strategiyalarının tətbiqini özündə əks etdirir. Ransomware hücumu nəticəsində yoluxma baş verərsə, sistemin bərpası üçün müxtəlif strategiyalar tətbiq oluna bilər. Ransomware hücumlarından mühafizə olunmaq üçün bir sıra bərpa üzrə stragiyalar mövcuddur. Bərpa strategiyaları içərisində ən vacib olanı yoluxmuş sistemlərin identifikasiyadır. Bu zaman ilkin addım sistemin təcrid edilməsidir. Bu yoluxmuş sistemlərin mövcud şəbəkədən ayrılmasıdır ki, bununla da, həddindən çox məlumat itkisinin qarşısı alınır. Qeyd olunan üsul internet bağlantısının söndürülməsi, texniki cihaz mənbəyinə quraşdırılmış USB və digər xarici ötürücülərin çıxarılması yolu ilə həyata keçirilir [19, s.10] Növbəti addım hücumun tipinin və hansı dərəcədə ziyan vermə qabiliyyətinə malik olmasının müəyyən edilməsindədir. Bu məqsədlə, rəqəmsal məhkəmə ekspertizası həyata keçirilə bilər. Bu yolla ransomware hücumunun növü və mənbəyi, zərərli proqram təminatının alqotimik bazası, log girişləri və şəbəkə axını təhlil olunur. Üçüncü addım olaraq, yoluxmuş sistemlərin viruslardan təmizlənməsi və yenidən başladılması qeyd oluna bilər. Bu zaman ehtiyat nüsxələrdən (əgər varsa) məlumatlar bərpa edilməli və bərpa edilmiş sistemlər təhlükəsizlik testlərindən keçirilməlidir. Bu, sistem işə salındıqdan sonra yenidən yolxuma hallarına qarşı effektiv mübarizə vasitəsidir [14, s.14-15].

Yoluxmadan sonrakı mərhələdə tətbiq olunacaq mübarizə üsullarından biri də deşifrəlmə təyinatlı alətlərin tətbiqidir. Praktikada “WannaKey”, “Wannakiwi”, “CryptoLocker” kimi deşifrəlmə alətləri mütəxəssislər və kibertədqiqatçılar tərəfindən hücumla məruq qalmış faylların şifrələrini açmaq məqsədilə tətbiq olunur [11]. Lakin, bu alətlər spesifik xarakter daşıyır. Yəni, onlar konkret ransomware proqram təminatı üzrə edilmiş hücumların qarşısının alınmasında effektivdir və digər növ şifrəlmə alqoritmləri ilə işləyən virus hücumlarına münasibətdə uğursuz ola bilər. Məsələn, qeyd olunan alətlər, əsasən,

“CryptoLocker ransomware” və “Wannacry” kimi viruslara qarşı mübarizə aparmaq üçündür [1, s.114].

NƏTİCƏ.

Ransomware, demək olar ki, hər bir qurumu və fərdləri təhdid edən kibertəhdid kimi formalaşmış və hazırda informasiyanın rəqəmsallaşdırıldığı və rəqəmsal mediada saxlandığı şəxslərə və qurumlara ciddi ziyan vura biləcək bir fenomenə çevrilib. Ransomware yalnız qeyri-maddi məqsədlər üçün hücum kimi deyil, həssas məlumatların oğurlanması yolu ilə fərdləri və qurumları aşaraq yüksək səviyyədə siyasi böhranlara səbəb ola biləcək bir təhlükədir. Hər gün yeni üsulların və hücum üsullarının əlavə olunduğu günümüzün kiber dünyasında müdafiə mexanizmləri və fərdi kiber şüurun eyni şəkildə və eyni sürətlə inkişaf etməsi lazımdır. Kiberhücumlar, o cümlədən ransomware hücumları gündəlik həyatın bir hissəsinə çevrilib. Hər bir fərd öz kibersavadlılığını artırmalı, ilk girişin zərərli hücumlarda ən intensiv olduğu fişinq hücumlarına qarşı həmişə diqqətli olmalı və əsas təhlükəsizlik nəzarətlərini həyata keçirməlidir. Fərdi olaraq görülən tədbirlərlə yanaşı, bir şəxsin məlumat nəzarətçisi kimi məlumatlarını etibar etdiyi qurumların yoxlanılması və sanksiyalara məruz qalması müvafiq investisiyaların edilməsində çox mühüm amildir. Bu kontekstdə bütün səviyyələrdə olan qurumlar hər bir işçinin təhsilində kibertəhlükəsizlik şüurunu təmin etməli, kibertəhlükəsizlik infrastrukturlarını inkişaf etdirmək üçün ayrılan vaxt və büdcəni artırmalı, hücumlar baş verməmişdən əvvəl aparılan yoxlamalar və təlimlər, mümkün fidyə proqramı hücumuna və uğurlu hücum halında fəlakətin bərpasına hazırlaşmalıdır. Əlavə ssenarilərin hazırlığı və həyata keçirilməsi nizam-intizamlı şəkildə davamlı olaraq izlənməlidir.

ƏDƏBİYYAT:

1. Akbanov, M., et.,al. WannaCry Ransomware: Analysis of Infection, Persistence, Recovery Prevention and Propagation Mechanisms. *Journal of Telecommunications and Information Technology*, (2019), p.113-124.
2. Alhathally, L., and Alsuwat, E. Ransomware Attack Detection And Prevention. *International Journal of Current Research*, Vol. 12, Issue, 11, pp.14917-14922, (2020).
3. Azərbaycan Respublikasının Cinayət Məcəlləsi. 2000. Available from: <https://e-qanun.az/framework/46947> [accessed Mar 24, 2025].
4. Azərbaycan Respublikasının Cinayət-Prosessual Məcəlləsi. 2000. Available from: <https://e-qanun.az/framework/46950> [accessed Mar 29, 2025].
5. Begovic, K., et.,al. Cryptographic ransomware encryption detection: Survey. *Computer and Security* 132, published by Elsevier Ltd. (2023). p.1-16.
6. Brewer, R. (2017). Ransomware attacks: detection, prevention, and cure. *Network Security*, 9, 5-9. [https://doi.org.ezproxy.utica.edu/10.1016/S1353-4858\(16\)30086-1](https://doi.org.ezproxy.utica.edu/10.1016/S1353-4858(16)30086-1)
7. Budapest Convention on Cybercrime. *European Treaty Series*, No.185 (2001). Available from: <https://rm.coe.int/1680081561> [accessed Mar 05, 2025].

8. Chinta, M., Kodali, E., and Venna, P.K. Strategies against Ransomware Attacks. International Journal of Innovations & Advancement in Computer Science, Vol 6, Issue 12, (2017). p.133-141.
9. DeBacher, J. Ransomware. Georgetown Law Technology Review, (2022). p.1-11. Available at: https://georgetownlawtechreview.org/wp-content/uploads/2022/03/DeBacher_Ransomware_Formatted_Missing-Author-Bio.pdf [accessed Mar 19, 2025]
10. Directive 2013/40/EU of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 on attacks against information systems and replacing Council Framework Decision 2005/222/JHA. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2013/40/oj/eng> [accessed Mar 03, 2025].
11. Fiore, B., et.al. Security Analysis of Ransomware: A Deep Dive into WannaCry and Locky. IEEE 13th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), (2023).
12. Harnedy, R. 3 better ways to use backup to recover from ransomware. Retrieved from Barkly. (2016). Available from: <https://blog.barkly.com/3-better-ways-to-use-backup-to-recover-from-ransomware> [accessed Mar 07, 2025].
13. Meurs, T., Cartwright, E., et.al. Deception in double extortion ransomware attacks: An analysis of profitability and credibility. Computer and Security 138, published by Elsevier Ltd. (2024). p.1-15.
14. Mott, G., Turner, S., and et.al. 'There was a bit of PTSD every time I walked through the office door': Ransomware harms and the factors that influence the victim organization's experience. Journal of Cybersecurity, (2024), p.1-22.
15. Muhammad Syafiq, et.al., Phishing Attacks: Unraveling Tactics, Threats, and Defenses in the Cybersecurity Landscape. Available from: https://www.techrxiv.org/users/713944/articles/698221/master/file/data/CSC662_Written_Assignment_2022949945_MuhammadSyafiqBinKheruddin/CSC662_Written_Assignment_2022949945_MuhammadSyafiqBinKheruddin.pdf [accessed Feb 25, 2025].
16. Prashant, M., et.al. Comparative Analysis of AES and RSA with Other Encryption Techniques for Secure Communication. International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology, ISSN : 2456-3307, p.565-574.
17. Rajput, Toshima Singh: Evolving Threat Agents: Ransomware and their Variants, International Journal of Computer Applications, Vol. 164, No. 7, (2017), pp. 28-34.
18. Regulation (EU) 2016/679 of the EU P. and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (GDPR). Available from: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj/eng> [accessed Mar 07, 2025].
19. Sachdeva, P., and Kumar, R. A Comprehensive Review of Evolution and Detection of Ransomware Using Machine Learning. Available at:

https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4976076 [accessed Mar 15, 2025].

20. Thomas, J. E. (2018). Individual cyber security: Empowering employees to resist spear phishing to prevent identity theft and ransomware attacks. *International Journal of Business and Management*, 13(6), 1-24. <https://doi.org/10.5539/ijbm.v13n6p1>
21. Thomas, J. E., & Galligher, G. C. (2018). Improving backup system evaluations in information security risk assessments to combat ransomware. *Computer and Information Science*, 11(1), 14-25. <https://doi.org/10.5539/cis.v11n1p14>

Elektron resurslar:

22. <https://medium.com/@servifyspheresolutions/what-is-ransomware-b3891fe05e4f>
23. <https://medium.com/@tarcisioma/ransomware-encryption-techniques-696531d07bb9>
24. <https://medium.com/@partha.pratimnayak/the-lifecycle-of-a-ransomware-attack-32144235bac9>
25. <https://medium.com/@tribal.secberet/managing-a-ransomware-incident-1f7cbf398c5f>
26. <https://www.statista.com/statistics/494947/ransomware-attempts-per-year-worldwide/>
27. <https://elpais.com/tecnologia/2024-12-31/2024-bate-records-historicos-en-ciberataques-que-con-ayuda-de-la-ia-son-cada-vez-mas-precisos.html>
28. <https://www.theguardian.com/technology/2025/feb/05/global-ransomware-payments-plunge-by-a-third-amid-crackdown>
29. <https://medium.com/@sibelgulmez/how-did-ransomware-become-the-most-dangerous-cyber-threat-a-brief-historical-analysis-48e6fbc54be8>
30. <https://www.bbc.com/news/technology-28661463>
31. <https://www.kaspersky.com/resource-center/threats/ransomware-wannacry>

ABSTRACT

Kamran Khalilov

RANSOMWARE ATTACKS AS A TYPE OF CYBERCRIME: MAIN THREATS, LEGAL REGULATION AND DEFENSE STRATEGIES

In the modern digital world, the number of cybercrimes that threaten state institutions, societies and the lives of individuals continues to grow. One of these cyber threats is Ransomware attacks, which we often encounter in our daily lives. Ransomware attacks, which are the most frequently used by cybercriminals and pose a great threat to all Internet users and are difficult to detect, necessitate the joint

cooperation of law enforcement agencies and citizens. Cybercriminals mainly attack users by infecting their devices with malicious files and encrypting their data, and in return, they try to gain financial gain.

In this regard, it is important to know the criminal characteristics of ransomware attacks and provide possible methods of combating them. This article defines the forensic nature of ransomware attacks as a type of cybercrime, explains its degree of public danger, types and methods of implementation. Also, this study analyzes appropriate strategies for taking adequate measures against ransomware attacks within the framework of combating cybercrime and proposes their new classification.

Keywords: ransomware, cybercrime, attack, threat, virus, fight.

РЕЗЮМЕ

Камран Халилов

АТАКИ ПРОГРАММ-ВЫМОГАТЕЛЕЙ КАК ВИД КИБЕРПРЕСТУПНОСТИ: ОСНОВНЫЕ УГРОЗЫ, ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И СТРАТЕГИИ ЗАЩИТЫ

В современном цифровом мире число киберпреступлений, угрожающих государственным учреждениям, обществу и жизни отдельных людей, продолжает расти. Одной из таких киберугроз являются атаки программ-вымогателей, с которыми мы часто сталкиваемся в нашей повседневной жизни. Атаки программ-вымогателей, которые являются наиболее часто используемыми киберпреступниками и представляют большую угрозу для всех пользователей Интернета и которые трудно обнаружить, требуют совместного сотрудничества правоохранительных органов и граждан. Киберпреступники в основном атакуют пользователей, заражая их устройства вредоносными файлами и шифруя их данные, а взамен пытаются получить финансовую выгоду.

В этой связи важно знать криминалистические характеристики атак программ-вымогателей и предоставлять возможные методы борьбы с ними. В данной статье дается определение криминалистической сущности атак программ-вымогателей как вида киберпреступности, объясняется степень ее общественной опасности, виды и методы реализации. Также в данном исследовании анализируются соответствующие стратегии принятия адекватных мер против атак программ-вымогателей в рамках борьбы с киберпреступностью и предлагается их новая классификация.

Ключевые слова: программы-вымогатели, киберпреступность, атака, угроза, вирус, борьба.

PAYLANMIŞ SİSTEMLƏRİN MEMARLIĞI VƏ ARXITEKTURA MODELƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419613>

Elmira İSRAFİLOVA

elmira.israfilova@mdu.edu.az

Mingəçevir Dövlət Universiteti

Könül AĞAYEVA

agayeva.konul9104@gmail.com

Mingəçevir Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Paylanmış sistemlər müasir informasiya texnologiyaları sahəsində böyük həcmli verilənlərin sürətli, etibarlı və miqyaslanma bilən formada emal olunması üçün xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Mərkəzləşdirilmiş yanaşma ilə müqayisədə, paylanmış memarlıqda məlumatlar və resurslar müxtəlif qovşaqlar üzrə paylandığına görə sistem bir qovşağın sıradan çıxması zamanı belə fəaliyyətini davam etdirir. Bu məqalədə müştəri-server, P2P, çoxqatlı (N-Tier) və mikroservis kimi əsas memarlıq modellərinin real vaxt rejimində böyük verilənlərin emalı perspektivində rolu araşdırılır. Eyni zamanda, təhlükəsizlik aspektləri nəzərdən keçirilir, çünki paylanmış mühitdə məlumatların mühafizəsi və autentifikasiyası üçün kriptografik həllər tələb olunur. Pilot layihələrdə aparılan sınaqların, yük balansının və ölçəklənmə strategiyalarının əhəmiyyəti vurğulanaraq, paylanmış sistemlərin davamlı və yüksək performanslı arxitektura nail olmaqda əsas yeri qeyd edilir.

Açar sözlər: *Paylanmış sistemlər, real vaxt emalı, səhvədavamlılıq, mikroservislər, kriptografiya, miqyaslanma, təhlükəsizlik, pilot sınaqlar*

GİRİŞ

Paylanmış sistemlər (distributed systems) müasir dövrdə böyük verilənlərin (big data) idarəedilməsi, sürətli emalı və kritik tətbiqlərin davamlı işləməsi üçün mühüm rol oynayır. Ənənəvi mərkəzləşdirilmiş modellərin (centralized systems) tələbatı ödəməkdə çətinlik çəkdiyi situasiyalarda paylanmış yanaşma, yüksək əlçatanlıq (availability), səhvədavamlılıq (fault tolerance) və dinamik miqyaslanma (scale-out) qabiliyyətləri ilə seçilir. Bu sistemlərdə məlumatlar və hesablama resursları coğrafi və ya loji baxımdan fərqli qovşaqlar (nodlar) arasında bölüşdürülür. Beləliklə, hər hansı bir qovşağın nasazlığı ümumi sistemin işini dayandırmır, eyni zamanda yüklənmənin artdığı hallarda yeni resursların əlavə olunması çox daha asan həyata keçirilir.

Real vaxt rejimində (real-time) verilənlərin emalına ehtiyac olan sahələrdə – məsələn, maliyyə ticarəti, onlayn ödəniş sistemləri, sensor və IoT şəbəkələri, eləcə də e-ticarət platformalarında – paylanmış sistemlərin əhəmiyyəti xüsusilə böyükdür. Bu mühitlərdə axın şəklində (streaming) daxil olan verilənlərin qısa zamanda təhlili, qərarverici alqoritmlərə ötürülməsi və nəticələrin operativ şəkildə təqdim olunması tələb olunur. Mərkəzləşdirilmiş memarlıqda bu proses yüklənmə artdıqca ləngiyir və ya nasazlıqlara səbəb olur. Halbuki paylanmış arxitektura eyni zamanda birdən çox qovşaqda paralel hesablama aparmaqla bu problemlərin qarşısını alır.

İnformasiyanın müxtəlif qovşaqlarda saxlanması və emalı təhlükəsizlik (security) məsələlərini də gündəmə gətirir. Paylanmış mühitlərdə verilənlərin şəbəkə vasitəsilə aktiv ötürülməsi, potensial kiberhücumlardan qorunma ehtiyacını artırır. Buna görə də, saytoqrafiya (kriptografiya) həllərindən, autentifikasiya və avtorizasiya mexanizmlərindən,

həmçinin mərkəzi və ya paylanmış açar infrastrukturundan (PKI) istifadə olunması müasir paylanmış memarlığın tərkib hissəsinə çevrilir.

Bu məqalədə paylanmış sistemlərin memarlığı və arxitektura modelləri, real vaxt rejimində böyük verilənlərin emalı çərçivəsində təhlil olunur. Eyni zamanda müştəri-server, P2P, çoxqatlı (N-Tier) və mikroservis arxitekturaları araşdırılır, onların üstün və məhdud cəhətləri, təhlükəsizlik məsələləri və miqyasılənmə strategiyaları vurğulanır. Məqalənin sonunda seçilən memarlığın konkret tətbiq ssenarilərinə uyğunluğunun önəmi və paylanmış yanaşmanın pilot layihələrlə sınaqdan keçirilməsinin vacibliyi qeyd edilir.

Paylanmış sistemlər, müasir informasiya texnologiyaları sahəsində böyük verilənlərin (big data) eyni vaxtda müxtəlif qovşaqlar (nodlar) üzərində emal olunması, resursların coğrafi və ya loji baxımdan səpələnməsi, dinamik miqyasılənmə (scale-out) və sürətli məlumat axını kimi tələblərə cavab verir. Bu cür sistemlər 1980-ci illərdən etibarən nəzəri cəhətdən formalaşmağa başlasa da, böyük verilənlərin sürətlə artdığı və real vaxt rejimində (real-time) məlumat emalının aktual olduğu son onillikdə daha da inkişaf etmişdir. Ənənəvi mərkəzləşdirilmiş (centralized) sistemlərdən fərqli olaraq, paylanmış arxitektura resursları vahid nöqtədə toplamaq əvəzinə, onları müxtəlif qovşaqlar arasında bölüşdürür. Tanenbaum və Van Steen real vaxt tələbləri və yüksək miqyasılənmə istəyən müəssisələr üçün paylanmış sistemlərin həm səhvədavamlılıq (fault tolerance), həm də əlçatanlıq (availability) baxımından əhəmiyyət kəsb etdiyini vurğulayırlar (Tanenbaum və Van Steen, 2017) [1]. Bu, xüsusən onlayn ticarət (e-commerce), bank-maliyyə əməliyyatları, IoT (Əşyaların İnterneti) və elmi tədqiqat sahələrində daxil olan çox böyük həcmli verilənlərin emalını səmərəli şəkildə həyata keçirməyə imkan yaradır.

Paylanmış sistemlərdə əsas məqsəd müstəqil qovşaqların vahid infrastruktur kimi fəaliyyət göstərməsinə nail olmaqdır. Əgər ənənəvi müştəri-server modelində bütün yük serverin üzərinə düşürsə və bu server mərkəzi fiqur rolunu oynayarsa, paylanmış mühitdə qovşaqlar arasında balanslaşdırma (load balancing) və paralel emal daha sistemli şəkildə qurulur. Məsələn, müştəri-server memarlığında ciddi sayda sorğu axını yarandıqda server yüklənir və performans aşağı düşür. Həsənovun fikrincə, böyük həcmli real vaxt tələbləri qarşısında bu modelin miqyasılənməsi və kritik nasazlıqlardan sığortalanması çətin olur (Həsənov, 2019) [4]. Halbuki paylanmış sistemlərdə lazım gəldikdə yeni qovşaqlar əlavə edilir və ya mövcud qovşaqların gücü artırılır, nəticədə xidmət kəsintisiz qalır və dinamik tələblərə uyğunlaşmaq daha rahat olur.

Peer-to-Peer (P2P) arxitekturasında bütün qovşaqlar bərabərhüquqlu statusda fəaliyyət göstərir. Mərkəzi serverin mövcud olmaması və hər qovşağın eyni zamanda həm müştəri, həm də server rolu oynaya bilməsi, sistemin sıradan çıxma ehtimalını azaldır. Yəni bir qovşaq nasazlığa uğrasa belə, digər qovşaqlar funksionallığı davam etdirə bilər. İsmayılov bildirir ki, P2P əsaslı paylanmış sistemlərdə resurs axtarışı və təhlükəsizlik mexanizmləri daha mürəkkəb olmasına baxmayaraq, böyük sensor şəbəkələri və blokçeyn texnologiyaları kimi mühitlərdə bu memarlığın effektivliyi özünü sübut edib (İsmayılov, 2021) [6]. Çoxqatlı (N-Tier) arxitektura isə tətbiqi müxtəlif qatlara (məsələn, təqdimat qatı, biznes loqikası qatı, verilənlər bazası qatı) bölür və bununla da miqyasılənməni asanlaşdırır. Məsələn, biznes loqikası qatı yüklənmə səbəbindən əlavə serverlərə bölündükdə, digər qatların fəaliyyətinə təsir minimal olur. Lakin N-Tier memarlıqda qatların sayının artması

şəbəkə gecikməsini yüksəldir və sistemi konfigurasiya edərkən daha artıq inzibati səy tələb edir (Tanenbaum və Van Steen, 2017) [1].

Mikroservis arxitekturası çoxmodullu kompleks tətbiqləri ayrı-ayrı kiçik servislərə parçalamaqla yanaşı, real vaxt rejimində paralel verilən emalı tələblərini də dəstəkləyə bilər. Shi və Lyu öz araşdırmalarında mikroservis yanaşmasının Apache Flink, Apache Kafka kimi axın emalı çərçivələri ilə integrasiyasını qeyd edərək, böyük verilən axınlarını (streaming data) aşağı gecikmə ilə emal etməyin mümkün olduğunu göstərirlər (Shi və Lyu, 2020) [2]. Hər mikroservisin ayrıca konteyner şəklində işlədilməsi (məsələn, Docker üzərindən) və Kubernetes kimi orkestrasiya platformalarında avtomatik miqyasılənmənin (auto-scaling) həyata keçirilməsi, real vaxt rejimli yüklərə tez adaptasiya olma imkanı yaradır. Nəticədə, xidmətin bir hissəsində (məsələn, ödəniş servisi) yükləmə kəskin artsa da, yalnız həmin servisin genişləndirilməsi kifayət edir.

Paylanmış sistemlərin təməl xüsusiyyətlərindən biri yüksək səviyyəli səhvədavamlılıqdır. Bir serverin sıradan çıxması ümumi sistemin fəaliyyətinə tam təsir göstərmir, çünki digər serverlərdə həmin məlumatın replikası, yaxud eyni funksionallığı yerinə yetirən servislər mövcuddur. Ивaнoв bu xüsusiyyəti paylanmış sistemlərin dayaqlarından biri kimi vurğulayaraq bildirir ki, xüsusən kritik infrastrukturda (bank sistemləri, telekommunikasiya, dövlət qurumları) dayanıqlığın artırılması məhz qovşaqların çoxsaylı replikası ilə izah olunur (Ивaнoв, 2018) [5]. Bu yanaşma həm sistemin ümumi etibarlılığını yüksəldir, həm də fəlakətdən qorunma (disaster recovery) planlarında daha sürətli bərpa (failover) prosesinə zəmin yaradır. Bank-maliyyə sektorunda real vaxt rejimli tranzaksiyaların itkisiz və sürətli şəkildə emalı, mövcud paylanmış verilənlər bazası klasterlərinin səmərəli qurulması ilə mümkün olur. Həmin klasterlərdə tez-tez Cassandra, HBase kimi NoSQL bazalar və ya MySQL-in paylanmış replikasiya üsulları tətbiq edilir.

Bu sistemlərdə təhlükəsizlik aspekti də xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Məlumatların bir neçə qovşaqda saxlanması, üstəlik şəbəkə vasitəsilə aktiv mübadiləsi, şəffaflıq və bütövlük risklərini artırır. Buna görə saytoqrafiya (kriptoqrafiya) metodlarından istifadə olunması vacibdir. Şüayə asimmetrik açar şifrələməsi, rəqəmsal imzalar və hibrid kriptoqrafik sxemlərin paylanmış mühitlər üçün güclü qoruma təmin etdiyini nəzərə çatdırır (Бриос Шнајер, 2007) [10]. Stallings isə TLS/SSL protokolu əsasında şifrələnmiş əlaqələrin qurulmasını, eləcə də PKI (Public Key Infrastructure) mexanizmlərinin tətbiqini paylanmış servislər arasında məlumat ötürülməsində vacib hesab edir (Stallings, 2017) [9]. Rivest, Shamir və Adleman tərəfindən təklif edilmiş RSA alqoritminin, eləcə də ElGamal, ECC (Elliptic Curve Cryptography) kimi yanaşmaların bu sahədə praktik əhəmiyyətini göstərən müxtəlif tədqiqatlar var (Rivest, Shamir və Adleman, 1978) [11]. Mikroservis memarlığında hər servisin öz autentifikasiya və avtorizasiya moduluna sahib olması, eləcə də global identifikasiya və avtorizasiya xidmətinin (OAuth 2.0, JWT və s.) mövcudluğu ümumi şəbəkədə təhlükəsizlik səviyyəsini yüksəldir.

Paylanmış memarlığın seçimi sistemin əsas tələblərinə və infrastruktur imkanlarına əsaslanmalıdır. Birinci növbədə real vaxt rejimində məlumat emalı üçün hansı gecikmə intervalına yol verildiyi müəyyənəşdirilməlidir. Məsələn, yüksək sürətli ticarət platformalarında hər mikrosekund əhəmiyyət daşıdığından, mikroservislərin yüngül çərçivələrdə yerləşdirilməsi və yüksək sürətli mesajlaşma platformalarından (Apache Kafka və ya RabbitMQ) istifadə olunması tövsiyə edilir. İkincisi, sistemin saniyədə nə qədər

tranzaksiya və ya verilən axını emal edəcəyi gözlənilir. Əgər bu rəqəm çox yüksəkdirsə, klaster əsaslı yığım (cluster-based setup) praktiki zərurətə çevrilir. Üçüncü amil resursların mövcudluğudur. Fərdi məlumat mərkəzlərindən və ya bulud provayderlərindən (AWS, Azure, GCP) istifadə olunması xərclərə və texnoloji infrastrukturun çevikliyinə təsir göstərir. Dördüncü amil təhlükəsizlik və məxfilik səviyyələridir. Paylanmış mühitdə gizlilik tələbləri yüksəkdirsə, hər qovşaqlarda verilənlərin şifrəli formada saxlanması, eləcə də replikalararası şifrələnmiş trafik zəruridir. Beşinci amil isə davamlılıqdır. Hər hansı qovşaqlarda və ya data mərkəzində nasazlıq yarandıqda, sistemin necə və hansı sürətlə bərpa olunacağı önəmlidir. Bu məqsədlə ehtiyat sürətlər, aktiv-aktiv və ya aktiv-pasiv replikasiya sxemləri, klasterdə avtomatlaşdırılmış failover mexanizmləri tətbiq olunur.

Hibrid arxitektura yanaşması bir sıra korporativ mühitlərdə seçilən üsuldur. Burada mikroservislərin çevikliyi, müştəri-serverin sadəliyi və N-Tier yanaşmanın administrativ üstünlükləri uzlaşdırılır. Халидов böyükmiqyaslı korporativ layihələrdə kritik modulların (ödəmə, istifadəçi autentifikasiyası, bildirişlər) mikroservis əsasında hazırlanmasını, daha az yüklənmiş və əsasən hesabat funksiyaları daşıyan hissələrin isə ənənəvi çoxqatlı memarlıqda təşkilini tövsiyə edir (Халидов, 2020) [7]. Bu hibrid model daim dəyişən iş yükü şəraitində hər modulun öz resurslarını müstəqil şəkildə miqyaslamağa şərait yaradır, eyni zamanda bəzi mövcud ənənəvi hissələrin yenidən yazılması (refactoring) üçün uzunmüddətli mərhələlər tələb etmir.

Paylanmış sistemlərdə monitoring və loqlama mexanizmləri layihənin uğurlu reallaşması üçün vacibdir. Xüsusən mikroservis memarlığında servislərin sayı çox olduğundan, hər bir servis üçün ayrı loqların toplanması və analiz edilməsi çətinləşir. Bu səbəbdən Elasticsearch, Logstash və Kibana (ELK stack) kimi mərkəzləşdirilmiş loqtoplama platformaları, eləcə də Prometheus və Grafana kimi monitoring həlləri geniş şəkildə istifadə olunur. Sistem real vaxtda çoxlu sayda emal apararkən qəfil nasazlıqları tez aşkarlamaq, yüklənmə balansını anında görmək və gecikmə parametrlərini daim izləmək üçün bu cür alətlərdən faydalanmaq lazımdır. Real vaxt analizinin aparıldığı tətbiqlərdə bu, xüsusilə vacibdir, çünki kiçik bir gecikmə artımı və ya servislərdən birində yaranan dayanıqsızlıq böyük həcmli verilənlər axınına ləngidə və müştərilərin sistemdən istifadəsinə maneə törədə bilər (Xiang və digərləri, 2019) [3].

Əlavə olaraq, paylanmış sistemlərdə pilot layihələrin və sınaq mərhələlərinin keçirilməsi təhlükəsizliyin və performansın yoxlanması üçün mütləqdir. Genişmiqyaslı istehsalat (production) mühitində bütün konfigurasiyaların birdən sınaqdan keçirilməsi ciddi risklər daşıyır. Ona görə də əvvəlcə sınaq klasterlərində stress testlər, etibarlılıq testləri (reliability tests), həmçinin fəlakət ssenariləri (disaster recovery drills) sınaqdan keçirilir. Həsənov bildirir ki, bu yolla sistemin maksimal yüklənməyə necə reaksiya verdiyi, qovşaqların biri və ya bir neçəsi sıradan çıxdıqda xidmətin davamlılığı, eləcə də planlı modernləşdirmə və yeniləmələrin dinamik rejimdə aparılması imkanları öncədən müəyyənləşdirilir (Həsənov, 2019) [4]. Üstəlik, bu testlər nəticəsində real əməliyyatlar zamanı rast gəlinə biləcək nöqtələr dəqiq təhlil olunur və arxitektura son düzəlişlər edilir.

Nəticə etibarilə, paylanmış sistemlərin memarlığı real vaxt rejimində verilənlərin sürətli, etibarlı və miqyaslı bilən şəkildə emal olunmasını təmin edir. Müxtəlif arxitektura modellərinin (müştəri-server, P2P, N-Tier, mikroservis) özünəməxsus üstünlükləri və məhdudiyyətləri olsa da, onların arasında seçim tətbiqin konkret tələblərindən, mövcud

infrastrukturun xüsusiyyətlərindən, komanda bacarıqlarından və təhlükəsizlik prioritetlərindən asılıdır. Mikroservis yanaşması yüksək çevikliyi və miqyasılənməni təmin etsə də, bir sıra hallarda müştəri-server və ya çoxqatlı memarlıq da kifayət qədər əlverişli ola bilər. İnternetə bağlı fiziki qurğuların (sensorlar, IoT cihazları) sayının artması, maliyyə əməliyyatlarının real vaxtda emalı, bulud əsaslı xidmətlərin yayımlanması (cloud computing) paylanmış yanaşmanı daha da ön plana çəkir. Bununla yanaşı, kriptografiyanın tətbiqi, autentifikasiya və avtorizasiya mexanizmlərinin paylanmış sistemlə vəhdəti, məlumatların məxfiliyini və bütövlüyünü qorumaq baxımından mütləqdir. Bir sözlə, real vaxt rejimində sürətli axın emalından tutmuş bulud infrastrukturunda mikroservis yerləşdirmələrinə, kriptografik protokollardan tutmuş paylanmış verilənlər bazalarına qədər geniş ekosistem, paylanmış memarlığın həm nəzəri, həm də praktiki üstünlüklərindən yararlanma fürsəti təqdim edir.

ƏDƏBİYYAT

Azərbaycan ədəbiyyatı

1. Həsənov, F. (2019). Paylanmış Hesablama Sistemləri və Onların Azərbaycanda Tətbiq Perspektivləri. Bakı: Təhsil Nəşriyyatı.

2. İsmayılov, H. (2021). "P2P Modellərində Məlumat Axınının Təşkili və Təhlükəsizlik Aspektləri." BDU Elmi Məcmuəsi, 2(45), 112-120.

ədəbiyyatı

3. Иванов, С. А. (2018). Распределенные системы и их архитектуры. Москва: Изд-во МГТУ.

4. Халидов, А. (2020). "Гибридные подходы к построению микросервисной архитектуры в распределенных системах." Вестник Инноваций и Технологий, 3(18),

5. Брюс Шнайер (2007). Прикладная криптография. Пер. с англ. Москва: Триумф.

ədəbiyyat

6

7. Shi, Y., & Lyu, M. R. (2020). "Microservices Architecture for Real-Time Big Data Processing: A Case Study on Apache Flink." IEEE Transactions on Services Computing, T3(3), 558-571.

8. Xiang, C., Peng, X., & Xie, T. (2019). "A Survey on Streaming Data Processing and Its Applications in Real-Time Analytics." ACM Computing Surveys, 52(3), 1-36.

9. Stallings, W. (2017). Cryptography and Network Security: Principles and Practice (7th ed.). Pearson.

10. Rivest, R. L., Shamir, A., & Adleman, L. (1978). "A Method for Obtaining Digital

ABSTRACT

ARCHITECTURE AND MODELS OF DISTRIBUTED SYSTEM

Distributed systems have gained increasing importance for handling large-scale data (big data) under real-time conditions and ensuring continuous operation in critical applications. Unlike centralized approaches, distributed architectures scatter both data and computation resources across multiple geographical or logical nodes, thus offering high availability and fault tolerance. This paper examines key architectural models of distributed systems, including client–server, peer-to-peer (P2P), N-Tier, and microservices, focusing on their advantages and limitations for real-time data processing. Security considerations, especially cryptographic mechanisms and authentication/authorization schemes, are discussed to highlight the necessity of safeguarding sensitive information in a distributed environment. The study also emphasizes the practical significance of pilot testing and load balancing strategies to ensure optimal system performance and stability.

Keywords: *Distributed systems, real-time processing, fault tolerance, microservices, cryptography, scalability, security, pilot testing*

RƏQƏMSALLAŞDIRILMIŞ CƏMİYYƏT: "AĞILLI EV" KONTEKSTİNDƏ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419624>

Validə NURIYEVA

valida.nuriyeva@mdu.edu.az

Mingəçevir Dövlət Universiteti

Mingəçevir, Azərbaycan

Leyla ŞÜKÜROVA

leyla.shukurova@mdu.edu.az

Mingəçevir Dövlət Universiteti

Mingəçevir, Azərbaycan

XÜLASƏ

Müasir dövrün insanları bir çox rutin əməliyyatları avtomatlaşdıran cihazlar və sistemlərlə əhatə olunmuşlar. Burada əsas şərt insanın ehtiyaclarını qarşılayan məlumatı minimum vaxt sərmayəsi ilə almasıdır, bu da rahatlıq səviyyəsinin artmasına köməklik edir.

"Ağıllı Ev" sistemi rahatlıq və yaşayış təhlükəsizliyi səviyyəsinin artırılmasına yönəlmişdir. Rahatlıq üçün vacib şərt insanın ehtiyaclarına uyğunluğudur.

Sistemin əsas tələblərindən biri avtomatlaşdırılmış yaşayış evi, həyatı dəstəkləyən sistemlər üçün vahid bir idarəetmə sisteminin olmasıdır. Məqalədə "Ağıllı ev" sisteminin layihələndirilməsi mərhələlərinə baxılmışdır. Eyni zamanda məlumat emal cihazlarının tətbiqinin xüsusiyyətləri təhlil olunmuşdur. Müasir ağıllı ev sistemlərində nəzarət mobil və ya sabit rabitə texnologiyaları vasitəsilə həyata keçirilir. İdarəetmə mərkəzi internetə və avadanlıq təchizatçısının bulud server xidmətinə və ya "ağıllı ev" xidmət təminatçısına qoşula bilər. Bu cür həll proqram təminatının tətbiqini və "ağıllı ev" ilə qarşılıqlı əlaqəni əhəmiyyətli dərəcədə sadələşdirməyə imkan verir. Xüsusi proqramdan və ya veb-interfeysdən istifadə etməklə sistemin bütün parametrlərinin idarə edilməsi həyata keçirilir: qurğular yandırılır və ya söndürülür, onların icrası və arzuolunan parametrləri təyin edilir.

Avtomatlaşdırılmış ev və ya "Ağıllı ev" ev cihazlarının insan müdaxiləsi olmadan müəyyən gündəlik vəzifələri, hərəkətləri həll edə bilən sistemlərdir. İlk dəfə "Ağıllı ev" sisteminin tərfi Vaşinqton İntellektual Elmi araşdırmalar institutunda formalaşdırıldı. Tərifə görə ağıllı ev bir binadır, iş sahəsində avadanlıqların məhsuldar və səmərəli istifadəsini təmin edir.

"Ağıllı ev" sistemi yerli şəbəkədə və internetə daxil olan hər hansı bir mobil cihazdan və ya kompüterdən istifadə edərək real vaxt rejimində idarəetmə imkanı verir. Strukturlaşdırılmış kabel sistemlərinin quraşdırılması olduqca mürəkkəb və bahalı prosesdir. Buna görə istifadəçidən və sensorlardan sistemə məlumat ötürülməsi simsiz texnologiyalar vasitəsilə həyata keçirilir.

Açar sözlər: "Ağıllı ev", verilənlərin simsiz ötürülməsi, sistemin quruluşu, avtomatlaşdırılmış yaşayış.

Giriş. "Ağıllı ev" sistemləri hazırda dünyada çox populyardır. Təsadüfi deyildir ki, işğal olunmuş ərazilərimizdə "AĞILLI KƏND", "AĞILLI ŞƏHƏR" konsepsiyasının hazırlanması məhz bu texnologiyanın dünyada necə aktual olmasından xəbər verir. "Ağıllı ev" sistemləri ya evin tikintisinə başlananda sıfırdan düzəldilir, ya təmir zamanı alınır və quraşdırılır, ya da mövcud komponentlərdən yığılıb, tətbiq edilir. "Ağıllı ev" sistemləri əsasən aşağıdakı məsələlərin həllini əhatə edir:

- 1) Elektrikli cihazların qapalı və açıq havada məsafədən idarə olunması;
- 2) Rahat bir mühitin təmin edilməsi;
- 3) Gündəlik məsələlərin icrasına sərf olunan vaxta qənaət edilməsi;
- 4) Bütövlükdə insanın yaşam tərzinin yaxşılaşdırılması.

“Ağıllı ev” - məişət cihazlarının və mühəndis sistemlərinin idarə edilməsi ssenariləri (biliklər bazaları) ilə yanaşı, bütün sistemlərin birgə, əlaqələndirilmiş işini təmin edir. Ağıllı evin idarə edilməsi ssenarilər (biliklər bazaları) əsasında həyata keçirilir. “Ağıllı evin” texniki bazası müəyyən ssenarilər əsasında sensor göstəricilərin tətbiqi ilə işə düşür[Авдеев А.С. 2014, с.343]. Ssenarilərin mürəkkəbliк dərəcəsinə görə fərqləndirilir:

- sadə avtomatların funksional tətbiqi;
- süni intellektin komponentlərinin funksional tətbiqi.

“Ağıllı ev” texnologiyasının əsas üstün cəhətlərindən biridə, hər hansı bir avadanlıqdan imtina edildikdə sistem sıradan çıxmır, alternativ iş ssenarisindən istifadə edir[Kokopeva И. 2008, с.235]. “Ağıllı ev” ev sahibinin həyat tərzinə əsaslanaraq işləməlidir. Sistem müxtəlif iş rejimləri üçün asanlıqla yenidən qurulmalıdır: həftə sonu, tətil, qonaqlıq, gündüz, gecə və s.

Təqdim olunan elmi işin əsas məqsədi insanların mobil, rahat və komfortlu həyat tərzinə şərait yaradan “Ağıllı ev” sisteminin texniki göstəricilərinin təhlili və bu təhlillər əsasında layihələndirilməsini yerinə yetirməkdir.

“Ağıllı ev” sisteminin texniki göstəricilərinin təhlili. Ağıllı ev (İngilis dilindən tərcümədə “rəqəmsal ev”) – yüksək texnoloji cihazların tətbiqilə insanların rahatlığı üçün təşkil edilmiş, müasir tipli avtomatlaşdırılmış yaşayış evidir. Ağıllı ev dedikdə otaqlarda baş verən konkret vəziyyətləri tanıyan və onlara uyğun reaksiya verə bilən sistemi başa düşülür. İntellektual binanın əsas xüsusiyyəti ayrı-ayrı alt sistemlərin vahid idarə olunan kompleksə birləşdirilməsidir. Tədqiqat göstərir ki, “Ağıllı ev” sisteminin ən çox tələb olunan texniki komponentləri smart termostatlər, təhlükəsizlik sistemləri, “Ağıllı” elektrik lampaları, videomüşahidə şəbəkə kameraları, birdən-birə bir neçə sahəni əhatə edən audio sistemlər təşkil edir.

Müasir ağıllı ev sistemlərində nəzarət mobil və ya sabit rabitə texnologiyaları vasitəsilə həyata keçirilir. İdarəetmə mərkəzi internetə və avadanlıq təchizatçısının bulud server xidmətinə və ya “ağıllı ev” xidmət təminatçısına qoşula bilər. Bu cür həll proqram təminatının tətbiqini və “ağıllı ev” ilə qarşılıqlı əlaqəni əhəmiyyətli dərəcədə sadələşdirməyə imkan verir. Xüsusi proqramdan və ya veb-interfeysdən istifadə etməklə sistemin bütün parametrlərinin idarə edilməsi həyata keçirilir: qurğular yandırılır və ya söndürülür, onların icrası və arzuolunan parametrləri təyin edilir.

Azərbaycan istehlakçısı üçün “Ağıllı ev” sistemi çox vaxt elit mənzillərin atributu hesab olunur və aydın məsələdir ki, bu mənzillərin dəyəri də çox yüksək qiymətə malikdir. Azərbaycanda “Ağıllı ev” konsepsiyasının sifarişçiləri, bir qayda olaraq, hotel, kottec və fərdi evlərin sahibləri çıxış edirlər. Son vaxtlarda mənzil sahibləri də bu texnologiya ilə maraqlanmaqdadır.

Bu gün Azərbaycanda ağıllı evlərin bazarı təzə-təzə formalaşmağa başlayır. 2020-ci ilə qədər Azərbaycan evlərinin 5%-i bu texnologiyadan istifadə etmişdir. Enerji resursları üzrə aşağı tariflərlə əlaqədar olaraq, Azərbaycanın ağıllı evləri qənaətcilliyə deyil, rahat mühitə diqqət yetirməklə layihələndirilir. Avropa və Amerikada evlərin 30%-i Ev avtomatikası sistemlərindən istifadə edir. Dünyada “Ağıllı ev” layihəsinin hazırlanması ilə Philips, Honeyvell, Belkin, Nest, Ecobee, MyFox, Sonos, Canary, Netatmo və D-Link şirkətləri məşğul olurlar.

“Ağıllı ev” sisteminin layihələndirilməsi prosesi. Lazım olan avadanlıqları ehtiyaclara uyğunlaşdıraraq, vaxta və resurslara lazımi dərəcədə qənaət etmək olar. Yüksək texnologiyalar əsində mütəxəssislər getdikcə daha çox məişət proseslərini: binaları, evləri, avtomobilləri və s. avtomatlaşdırmağa çalışırlar. Məlumdur ki, hər bir şəxs üçün evindəki rahatlıq vacib rol oynayır, çünki evə gələndə hər kəs rahatlığını burada tapır, enerjisini və gücünü artırır.

Bir sistem yaratmadan əvvəl, ilk növbədə “Ağıllı Ev” sisteminin konsepsiyasını və bura nəyin daxil olduğunu müəyyənləşdirilməlidir. İndi “Ağıllı ev” sisteminin tətbiqi ilə avtomatlaşdırılmış ev sisteminə ehtiyac var. Bu sistem rahatlıq və yaşayış təhlükəsizliyi səviyyələrini artırmağa yönəlmişdir [Авдеев А.С. 2014, 140]. Rahatlıq üçün vacib şərt sistemin insan ehtiyaclarına uyğunluğudur. Buna görə, ev sakinlərinin həyat prinsiplərini təşkil edən amillərə diqqət yetirmək lazım gəlir.

Avtomatlaşdırılmış Ev və ya “Ağıllı ev” – ev cihazlarının insan müdaxiləsi olmadan müəyyən gündəlik vəzifələri, hərəkətləri həll edə bilən sistemlərdir. İlk dəfə “Ağıllı ev” sisteminin tərfi Vaşinqton İntellektual Elmi araşdırmalar institutunda formalaşdırıldı. Tərifə görə “Ağıllı ev” bir binadır, iş sahəsində avadanlıqların məhsuldar və səmərəli istifadəsini təmin edir [<http://research-journal.org/featured/arch/umnyj-dom>]. “Ağıllı ev” kompleks və intellektual bir sistemdir. Yaradılış prosesi çox mərhələlidir. Müştəri onun yaradılmasında iştirak edir, eyni zamanda evin sahibi, bu layihənin meneceri və bütün sistemi mərhələli və düzgün quran mütəxəssisdır.

İlk mərhələ müştəri ilə görüşmə olduğundan, buna ilkin məsləhətləşmədə demək olar. İlk məsləhətləşmələrdə məlumat mübadiləsi aparılır. Bu mərhələ çox əhəmiyyətlidir, çünki bu mərhələdə əsas məsələlər həll olunur və evin təxmini nümunəsi formalaşır. “Ağıllı Ev” sistemi qurulduqdan sonra ev sahibi öz tələblərini, istəklərini və baxışlarını bildirir. Menecerin vəzifəsi isə onu diqqətlə dinləyir, lazımi qeydlərini aparır. Mühəndis evdəki elektrik cihazlarını, ev alətlərini vahid bir sistemdə birləşdirərək “Ağıllı ev” konsepsiyasının sərhədlərini müəyyən edir.

“Ağıllı ev” sisteminin imkanlarına aid edilir: evin bütün sahəsini əhatə edən simsiz kompüter şəbəkəsi; simli şəbəkə (masaüstləri, printerlər, telefonlar); jalüzlərə nəzarət; bir neçə müstəqil istilik zonasına nəzarət; tənzimlənən birdən çox işıq nöqtəsinə nəzarət; birdən çox cihazın idarəedilməsi (kondisionerlər və s.); işıqlandırmanın aktiv və ya deaktiv edilməsi; təhlükəsizlik siqnalizasiya alt sistemləri; video nəzarət alt sistemi ilə inteqrasiya imkanı; internet və ya sms mesajları ilə müxtəlif hadisələr barədə məlumat vermək; çox otaqlı alt sistem və ya video paylama ilə inteqrasiya etmək bacarığı; uzaqdan nəzarət; yanğın siqnalizasiya alt sistemi; toxunma panellərindən və ya uzaqdan idarəetmədən bütün funksiyaların idarə edilməsi.

“Ağıllı ev” sistemi simli və simsiz ötürmə növlərinə ayrılır. Hər bir növün özünə görə üstünlükləri var. Əsas tələblərə uyğun olaraq, simsiz ötürmə bir sistem üçün ən uyğun seçimdir. Çünki, simli ötürmə zamanı sistem quraşdırılmış naqillərin qismən sökülməsini təmin edir. Simsiz ötürməli sistem dizayn edərkən, ev sahibi əla funksionallıq qazanır və evdəki naqillərin miqdarını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır.

Simsiz ötürmə sistemi binanın elektrik alt sistemlərini birləşdirir. Bura aid olan: işıqlandırma; havalandırma; istilik; siqnalizasiya və giriş nəzarəti prosesləri sakinlərin maksimum rahatlığını və təhlükəsizliyini təmin etmək üçün vahid bir sistemdə toplanır. Bu

sistem çox geniş imkanlar təklif edir və divardan, döşəmədən, mebellərdən sərbəst keçən az güclü radio dalğaları istifadə edərək işləyirlər. Onların köməkliyi ilə sakinlər binanın işinə çox sadə bir formada, hər yerdə, hər zaman və ən əsası simsiz bir şəkildə nəzarət edə bilərlər. Sistemin funksionallığı evdəki insanlar üçün yüksək səviyyədə təhlükəsizlik və rahatlığı təmin edir.

Həyatı dəstəkləyən sistemlər mühəndislik, telekommunikasiya və təhlükəsizlik sistemlərini özündə birləşdirir. Mühəndislik sistemi su təchizatı, qaz təchizatı, elektrik və istilik təchizatından ibarətdir. Təhlükəsizlik sistemləri video nəzarət, giriş nəzarəti və onların birləşməsi vahid təhlükəsizlik sistemini yaradır. Telekommunikasiya sistemlərinə isə telefon, internet və televizor daxildir. Həyatı dəstəkləyən sistemlərin avtomatlaşdırılması təhlükəsizlik sistemlərinin səviyyəsini artırır.

“Ağıllı Ev” sistemində elektrik təchizatı, işıqlandırma, elektrik sürücüsü nəzarəti, əyləncə, rabitə, iqlim nəzarəti, təhlükəsizlik sistemi və ümumi nəzarət sistemi kimi alt sistemlər mövcuddur, ehtiyat enerji mənbəyinin işini tənzimləmək və iqlim nəzarəti istilik sistemi, kondisioner, havalandırma və havanın nəmləndirməsi ilə əlaqəli olan elektrik təchizatı sistemin fasiləsiz işləməsini təmin etmək olar. Işıq və elektrik enerjisinə nəzarət, elektrik enejisinin ödəmə xərclərini əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa imkan verir. Rahatlıq və təhlükəsizlik səviyyələrini artırmaqla yanaşı, “Ağıllı ev” in vəzifələrindən biridə enerjiyə qənaət etmək və nəticədə kommunal xidmətlərin qiymətini azaltmaqdır. Bu nəticə günün vaxtından və evin sahibi tərəfindən təyin olunan parametrlərdən asılı olaraq yükün paylanması ilə əlaqəli olaraq təyin edilir.

Evin vəziyyəti və ona quraşdırılmış sistemlər haqqında məlumat toplamaq və təhlil etmək, həmçinin sistem siqnallarına düzgün cavab vermək ağıllı bir evin əsas vəzifəsidir[Лыкина Д. 2008, с.134].

Sistemin yaradılmasının ikinci mərhələsi texniki tapşırıqdır. Texniki tapşırığın son versiyası dizayn işləri üçün smeta hazırlamaq və onun düzgün tərtib edilməsi layihə sənədlərinin yaradılmasında vacib rol oynayır. Texniki tapşırıqlar ilk növbədə avadanlıq seçimi, istəkləri başa düşmək, sistemin təxmini büdcəsini və prioritetlərini anlamaq üçün lazımdır. Avadanlıqların seçimi ev sahibinin maliyyə imkanlarına nəzərən aparılır.

Üçüncü mərhələ seçilmiş avadanlığın və onun sifarişi barədə razılığa gəlməkdən, iş planının ətraflı izahından ibarətdir. Ev sahibi iş planını və avadanlıqları təsdiqlədikdən sonra menecer avadanlıqları sifariş verməyə və ya satın almağa davam edir, layihəni həyata keçirməyə hazırlaşır.

Son, dördüncü mərhələ layihənin həyata keçirilməsi və evin cədvələ, iş planlarına uyğun olaraq ev sahibinə çatdırılmasıdır.

“Ağıllı Ev” sistemi yerli şəbəkədə və internetə daxil olan hər hansı bir mobil cihazdan və ya kompüterdən istifadə edərək real vaxt rejimində idarəetmə imkanını verir[Минаков Д. 2007, с.265]. Strukturlaşdırılmış kabel sistemlərinin quraşdırılması olduqca mürəkkəb və bahalı prosesdir, buna görə istifadəçidən və sensorlardan sistemə məlumat ötürülməsi simsiz texnologiyalar vasitəsilə həyata keçirilir.

Ədəbiyyat

1. Авдеев А.С. Разработка систем автоматизации жилых и офисных помещений «Умный Дом» // Сборник научных трудов студентов «Катановские чтения», 2014» с. 142–143.
2. Авдеев А.С., Герасимова А. И. Основные проблемы программирования систем «Умного Дома» // Перспективы науки. 2014, с. 62–65.
3. Елисеев Н. Технология x10: управление "умным домом". – Электроника: НТБ, 2007, № 7, с. 32–36.
4. Кокорева И. Системы "Интеллектуальное здание" и "Умный дом": эффективные решения и новейшие разработки. – Электроника: НТБ, 2008, № 7, с. 22–27.
5. Лукичева Д. Системы домашней автоматизации от компании TELETASK.– Электроника: НТБ, 2008, № 7, с. 36–38.
6. Минаков Д. Интегрированные системы управления: области применения.– Электроника: НТБ, 2007, № 7, с. 40–42.
7. <http://research-journal.org/featured/arch/umnyj-dom>

РЕЗЮМЕ

Валида Нуриева

Лейла Шюкурова

ЦИФРОВИЗИРОВАННОЕ ОБЩЕСТВО: В КОНТЕКСТЕ «УМНОГО ДОМА»

Современной люди окружены устройствами и системами, которые автоматизируют многие рутинные операции. Здесь главное условие заключается в получении человеком нужной ему информации с минимальными затратами времени, а это способствует повышению уровня комфорта.

Система «Умный дом» направлена на повышение уровня комфорта и безопасности проживания. Важным условием комфорта является соответствие системы потребностям человека.

Одним из основных требований к системе является наличие единой системы управления автоматизированным жилым домом, систем жизнеобеспечения. В статье рассмотрены этапы проектирования системы «Умный дом». Также проанализированы особенности применения устройств обработки информации.

В современных системах умного дома управление осуществляется с помощью мобильных или фиксированных коммуникационных технологий. Центр управления может подключиться к интернету и облачным серверным сервисам поставщика оборудования или провайдера услуг умного дома. Такие решения значительно упрощают внедрение программного обеспечения и взаимодействие с умным домом. Управление всеми параметрами системы осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения или веб-интерфейса: устройства включаются или выключаются, их работа контролируется, и устанавливаются необходимые параметры.

Автоматизированный дом или "умный дом" — это системы, которые могут выполнять определенные повседневные задачи и действия без вмешательства человека.

Впервые определение системы "умного дома" было сформулировано в Вашингтонском институте интеллектуальных научных исследований. Согласно определению, умный дом — это здание, которое обеспечивает продуктивное и эффективное использование оборудования в рабочей среде.

Система "умного дома" позволяет осуществлять управление в реальном времени с помощью любого мобильного устройства или компьютера, подключенного к локальной сети и интернету. Установка структурированных кабельных систем является довольно сложным и дорогим процессом. Поэтому передача данных от пользователей и сенсоров в систему осуществляется с помощью беспроводных технологий.

Ключевые слова: *умный дом, беспроводная передача данных, проектирование системы, автоматизированное жилище.*

SUMMARY

**Valida Nuriyeva
Leyla Shukurova**

DIGITALIZED SOCIETY: IN THE CONTEXT OF THE "SMART HOME"

Modern people are surrounded by devices and systems that automate many routine operations. The main condition here is that a person gets the information he needs with a minimum of time, and this contributes to an increase in the level of comfort.

The "Smart home" system is aimed at increasing the level of comfort and safety of living. An important condition for comfort is the compliance of the systems with human needs.

One of the main requirements for the system is the presence of a unified control system for an automated residential building, life support systems. The article discusses the stages of designing the "Smart home" system. The features of the use of information processing devices are also analyzed. Modern smart home systems are managed through control technologies via mobile or fixed communication networks. The control center can connect to the internet and the cloud server services of the equipment supplier or the smart home service provider. This type of solution significantly simplifies the implementation of software and interaction with the smart home. The management of all system parameters is carried out through specialized software or a web interface: devices are turned on or off, their operation is monitored, and desired parameters are set.

An automated home or "smart home" refers to systems that can perform certain daily tasks and actions without human intervention. The definition of a "smart home" system was first established at the Washington Institute of Intelligent Scientific Research. According to this definition, a smart home is a building that ensures the productive and efficient use of equipment in the workplace.

The "smart home" system allows real-time control through any mobile device or computer connected to a local network and the internet. Installing structured cabling systems is a complex and expensive process. Therefore, data transmission from the user and sensors to the system is carried out through wireless technologies.

Keywords: *smart home, wireless data transmission, system design, automated house.*

RƏQƏMSAL İDARƏETMƏDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN ROLU

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419628>

Şirinova MƏHBUBƏ

mss.shirinova@gmail.com

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Müasir texnologiyalardakı sürətli inkişaf rəqəmsal idarəetmə sistemlərinin süni intellekt (Sİ) vasitəsilə gücləndirilməsini zəruri edir. Sİ avtomatlaşdırılmış idarəetmə mexanizmlərinin səmərəliliyini artırmaq, resurs istifadəsini optimallaşdırmaq və proseslərin daha sərhədsiz işləməsini təmin etmək baxımından vacib rol oynayır. Bu araşdırma şirkətlər, sənaye sahələri və dövlət qurumları üçün Sİ-nin tətbiq imkanlarını, alqoritmlərini və idarəetməyə təsirini araşdırır. Xüsusilə, dərin öyrənmə, adaptiv idarəetmə sistemləri, prediktiv analiz və avtomatik optimallaşdırma metodları təhlil edilir. Eyni zamanda, şəbəkə növbələmə alqoritmləri, süni neyron şəbəkələri və bulanıq məntiq modellərinin idarəetmə proseslərində istifadəsi araşdırılmışdır. Bununla yanaşı, Sİ tətbiqlərinin sənaye, logistika və enerji sektorundakı rolu öyrənilib, mövcud problemlər və mümkün həll yolları təqdim edilmişdir. Təklif olunan integrativ yanaşma idarəetmə sistemlərinin daha effektiv çərçivədə işləməsinə imkan yarada bilər. Bundan əlavə, bu tədqiqat süni intellektin idarəetmədə tətbiqi ilə bağlı riskləri və onların minimallaşdırılması yollarını da araşdırır. Bu yanaşma yalnız texnoloji deyil, həm də strateji və iqtisadi baxımdan əhəmiyyətlidir. Süni intellektin idarəetmədə tətbiqi müəssisələrə çevik və daha effektiv qərarlar qəbul etməyə imkan verir ki, bu da rəqabətqabiliyyətliliyin artırılmasına xidmət edir. Eyni zamanda, bu sistemlərin tətbiqi böyük həcmli verilənlərin real vaxt rejimində təhlili və dəqiq proqnozlar vermək imkanlarını genişləndirir.

Açar sözlər: Süni intellekt, rəqəmsal idarəetmə, avtomatlaşdırılmış sistemlər, neyron şəbəkə, prediktiv analiz, adaptiv idarəetmə, bulanıq məntiq

Giriş. Rəqəmsal idarəetmə sistemləri müasir sənaye və informasiya texnologiyaları sahələrinin əsasını təşkil edir. Sİ-nin bu sistemlərə integrasiyası idarəetmə proseslərinin səmərəliliyini artırmaqla yanaşı, sürətləndirilməsini və insan amilinin minimuma endirilməsini təmin edir. Müasir tədqiqatlar göstərir ki, süni intellektin tətbiqi nəticəsində sənayedə istehsal səmərəliliyi 30-50% arta bilər. Bu, həm istehsal, həm də xidmət sektorlarında məhsuldarlığın yüksəlməsi ilə nəticələnir. Süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi nəinki proseslərin avtomatlaşdırılmasını, həm də real vaxt rejimində verilənlərin təhlili və qərarların qəbul edilməsini asanlaşdırır.

Süni intellektin tətbiqi yalnız fərdi müəssisələrdə deyil, həm də bütövlükdə milli iqtisadiyyatın inkişafına müsbət təsir göstərir. Rəqəmsal idarəetmədə Sİ texnologiyalarından istifadə edən müəssisələr istehsalat proseslərini optimallaşdırır, xərcləri azaldır və məhsul keyfiyyətini artırır. Bu texnologiyalar təkcə sənaye sektorunda deyil, həm də nəqliyyat, səhiyyə və ictimai

idarəetmə kimi sahələrdə geniş tətbiq edilir. Lakin bu prosesin uğurla həyata keçirilməsi üçün texnoloji, hüquqi və etik məsələlərin də diqqətlə araşdırılması vacibdir.

1. Süni intellektin idarəetmədə istifadəsinin konseptual əsasları. Bu bölmədə süni intellektin idarəetmə sistemlərinə tətbiq metodları, optimallaşdırma yanaşmaları və verilənlər üsulundan istifadə edilməsi təhlil edilir.

Metod	Tətbiq Sahəsi	Üstünlüklər
Çoxkriteriyalı optimallaşdırma	Resursların idarə edilməsi	Minimum itki və maksimum gəlir
Neyron şəbəkələr	Məlumat analizi və avtomatik idarəetmə	Məlumat əsaslı qərarlar
Bulanıq məntiq	Qərarqəbuletmə sistemləri	Qeyri-müəyyən verilənlərlə işləmə

2. Rəqəmsal idarəetmədə Sİ alqoritmləri. Bu bölmədə dərin öyrənmə, bulanıq məntiq və optimallaşdırma alqoritmlərinin idarəetmə sistemlərinə tətbiqi izah edilir. Cədvəllər və statistik göstəricilərlə yanaşı, praktiki nümunələr təqdim edilir.

Alqoritm	Tətbiq Sahəsi	Üstünlüklər
Dərin öyrənmə	Proseslərin optimallaşdırılması	Yüksək adaptivlik
Bulanıq məntiq	Qərarqəbuletmə sistemləri	Müəyyənliksiz verilənlərlə işləmə
Genetik alqoritmlər	Resurs planlaşdırma	Səmərəli optimallaşdırma

3. Süni intellektin tətbiq sahələri. Süni intellektin sənaye, logistika, energetika və avtomatlaşdırılmış istehsalatdakı rolu izah edilir.

Sektor	Süni intellekt tətbiqi	Əldə edilən nəticə
Sənaye	İstehsalat proseslərinin avtomatlaşdırılması	Xərclərin azaldılması, məhsuldarlığın artırılması
Logistika	Prediktiv analiz və marşrut optimallaşdırma	Effektiv daşınma və vaxt itkisinin azalması
Energetika	Avtomatik enerji idarəetmə sistemləri	Resursların daha səmərəli istifadəsi

4. Rəqəmsal idarəetmədə Sİ tətbiqinin problemləri və həll yolları. əhlükəsizlik, etik problemlər, sistemin adaptivliyi və texniki maneələr dəyərləndirilir. Süni intellektlə idarə olunan sistemlərdə əsas problemlərdən biri verilənlərin etibarlılığıdır. Aşağıdakı cədvəldə problemlər və onların həlli yolları göstərilmişdir.

Problem	Həll yolu

Verilənlərin qeyri-dəqiqliyi	Məlumatın ön emalı və təmizləmə
Etik məsələlər	Şəffaf alqoritmlərin tətbiqi
Kiber təhlükəsizlik	Təhlükəsizlik protokollarının gücləndirilməsi

5. Təklif olunan yeni yanaşma. Rəqəmsal idarəetmədə süni intellektin effektivliyini artırmaq üçün integrativ yanaşma təklif edilir. Bu sistem bulanıq məntiq, neyron şəbəkələr və prediktiv analitik modelləri birləşdirərək real vaxt rejimində optimal idarəetmə qərarlarını təmin edir. Model aşağıdakı formul vasitəsilə təsvir edilə bilər:

$$y = f(x) + \varepsilon$$

Burada y - idarəetmə nəticəsi, x - giriş dəyişənləri, $f(x)$ - süni intellektin idarəetmə modeli, ε - təsadüfi dəyişən.

Bunu bir nümunə üzərində göstərəsə olsaq bir sistemin temperaturunu sabit saxlamaq üçün bulanıq məntiq, neyron şəbəkə və prediktiv analitik yanaşmanı birləşdirən bir idarəetmə modeli yarada bilərik.

```

1 import numpy as np
2 import skfuzzy as fuzz
3 import skfuzzy.control as ctrl
4 from sklearn.neural_network import MLPRegressor
5
6 # Bulanık mantık sisteminin yaradılması
7 temp = ctrl.Antecedent(np.arange(15, 31, 1), 'temperature')
8 control_signal = ctrl.Consequent(np.arange(0, 1.1, 0.1), 'control_signal')
9
10 temp.automf(3, names=['cold', 'warm', 'hot'])
11 control_signal.automf(3, names=['low', 'medium', 'high'])
12
13 rule1 = ctrl.Rule(temp['cold'], control_signal['high'])
14 rule2 = ctrl.Rule(temp['warm'], control_signal['medium'])
15 rule3 = ctrl.Rule(temp['hot'], control_signal['low'])
16
17 control_system = ctrl.ControlSystem([rule1, rule2, rule3])
18 controller = ctrl.ControlSystemSimulation(control_system)
19
20 # Neyron şəbəkə modeli
21 X_train = np.random.rand(100, 1) * 15 + 15 # 15-30 arasında temperatur dəyərləri
22 y_train = []
23
24 for t in X_train:
25     controller.input['temperature'] = t[0]
26     controller.compute()
27     y_train.append(controller.output['control_signal'])
28
29 y_train = np.array(y_train)
30
31 nn_model = MLPRegressor(hidden_layer_sizes=(10,), max_iter=1000, random_state=42)
32 nn_model.fit(X_train, y_train)
33
34 # İdarəetmə modelinin tətbiqi
35 def control_temperature(temp_value):
36     noise = np.random.normal(0, 0.05) # Təsadüfi dəyişən
37     predicted_signal = nn_model.predict([[temp_value]])[0]
38     return predicted_signal + noise
39
40 # Test nümunəsi
41 test_temp = 25
42 output_signal = control_temperature(test_temp)
43 print(f"Giriş temperaturu: {test_temp}, İdarəetmə signalı: {output_signal:.2f}")

```

Bu kod, süni intellektin temperatur idarəetmə prosesində necə tətbiq oluna biləcəyini göstərir. Bulanıq məntiq qaydaları temperaturu qiymətləndirir və idarəetmə signalı yaradır. Daha sonra neyron şəbəkə bu idarəetmə prosesini öyrənir və təsadüfi dəyişən əlavə olunaraq real dünya ssenarilərinə uyğunlaşdırılır.

Nəticə. Süni intellektin rəqəmsal idarəetmədə tətbiqi avtomatlaşdırmanın keyfiyyətini artıraraq, idarəetmə proseslərinin daha effektiv olmasını təmin edir. Süni intellektin tətbiqi sayəsində müəssisələr verilənləri daha sürətli və dəqiq emal edə bilər, bu da strateji qərarların

daha effektiv şəkildə qəbul edilməsinə şərait yaradır. Təklif olunan yanaşma süni intellektin idarəetmə proseslərinə tətbiqini daha çevik edərək dəqiq qərarları təmin edir.

Süni intellekt əsaslı idarəetmə sistemləri müəssisələrə real vaxt rejimində prosesləri təhlil etməyə və operativ şəkildə düzəlişlər aparmağa imkan verir. Bu da idarəetmənin adaptivliyini artırır və müəssisələrin bazardakı dəyişikliklərə daha sürətli reaksiya verməsinə kömək edir. Bununla yanaşı, süni intellektin tətbiqində etik məsələlər, təhlükəsizlik və insan resurslarının rolu da vacib aspektlər kimi qiymətləndirilməlidir. Gələcək tədqiqatlar bu sahədə mövcud olan texnoloji problemlərin həlli və süni intellektin daha mürəkkəb idarəetmə sistemlərinə integrasiyası üzərində cəmlənməlidir. Xüsusilə, maşın öyrənmə modellərinin təkmilləşdirilməsi, verilənlərin məxfiliyi və kibertəhlükəsizlik məsələləri üzrə əlavə tədqiqatlara ehtiyac vardır.

ƏDƏBİYYAT

- Smith, J. (2020). Artificial Intelligence in Digital Control Systems. Springer.
- Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson.
- Zadeh, L. (1996). Fuzzy Logic and Soft Computing. IEEE Press.
- Bishop, C. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
- Əliyev, R. (2018). Süni İntellekt və İdarəetmə Sistemləri. Bakı: Elm və Təhsil.
- Kaplan, A. & Haenlein, M. (2019). Siri, Alexa, and Co.: The Future of Digital Control. Harvard Business Review.

DÖVLƏT SEKTORUNDA RƏQƏMSAL IDARƏETMƏ: INNOVATIV MODELƏR VƏ REAL TƏCRÜBƏLƏR

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419636>

Mehriban İMANOVA

mehriban.i@ndu.edu.az

ORCID ID: 0000-0003-2210-724X

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Müasir ictimai siyasətin əsas istiqamətlərini islahatlar və innovasiyalar əhatə edir. Hər bir ölkə hökuməti mövcud sistemlərin tətbiqi və təkmilləşdirilməsi üzərində fəal işləyi, məqsədlərinə nail olmaq üçün rəqəmsal idarəetmə alətlərindən istifadə edir. Dövlət idarəçiliyində rəqəmsal transformasiya prosesləri avtomatlaşdıran və vətəndaşlarla qarşılıqlı əlaqə üçün daha çevik strukturlar yaradan texnologiyaların tətbiqini zəruri edir. Rəqəmsal idarəetmə müasir dövrdə dövlət idarəçiliyinin təşkili və xidmətlərinin təqdimatında mühüm rol oynayır. Bu fəaliyyətlər həm daxili, həm də dövlətlərarası məsələləri əhatə edir ki, bunlar da bütün vətəndaş təşəbbüsləri ilə sosial dəyişikliklərin monitorinqini və qiymətləndirilməsini əhatə edir. Məqalənin əsas məqsədi dövlət sektorunda rəqəmsal idarəetmənin müasir modellərini müəyyən etmək, real təcrübəni müəyyənləşdirmək və bu yöndə tövsiyələr verməkdən ibarətdir.

Elmi məqalənin tədqiq edilməsi zamanı İƏİT (OECD), Dünya İqtisadi Formu, Dünya İnkişaf Bankının dövlət sektorunda süni intellektin tətbiqi və rəqəmsal idarəetməni qiymətləndirən hesabatlarından, dövlət idarəçiliyi proseslərinin rəqəmsallaşdırılması sahəsində elmi tədqiqatların materiallarından istifadə edilib. Tədqiqat işinin metodoloji əsasını empirik və nəzəri-metodoloji üsullar təşkil edir.

Elmi məqalədə rəqəmsal texnologiyaların dövlət idarəetməsinə integrasiyası və süni intellektin e-dövlətdəki rolu qiymətləndirilib, elektron hökumətlərin yaradılmasını asanlaşdıran proqramların həyata keçirilməsində yerli və xarici təcrübələr araşdırılıb. Dövlət sektorunda rəqəmsal idarəetmənin innovativ modelləri araşdırılıb, e-xidmətin təşkilati strukturların və proseslərin optimallaşdırılmasındakı rolu müzakirə edilib, Azərbaycanda rəqəmsallaşmanın dövlət idarəçiliyi prosesinə integrasiyasının SWOT təhlili aparılıb. Nəticə olaraq, dövlət sektorunun rəqəmsal idarəedilməsində risklərin nəzərə alınması, onların minimuma endirilməsi üçün qabaqlayıcı tədbirlərin həyata keçirilməsi və gələcək çağırışlar müəyyənləşdirilib, mövcud sistemlərin təkmilləşdirilməsi üçün tövsiyələr verilib.

Açar sözlər: rəqəmsal idarəetmə, dövlət idarəetməsi, e-hökumət, süni intellekt, rəqəmsal infrastruktur

ABSTRACT

Mehriban İMANOVA

DIGITAL GOVERNANCE IN THE PUBLIC SECTOR: INNOVATIVE MODELS AND REAL EXPERIENCES

The main directions of modern public policy are reforms and innovations. Each country's government is actively working on the implementation and improvement of existing systems, using digital management tools to achieve its goals. Digital transformation in public administration necessitates the application of technologies that automate processes and create more flexible structures for interaction with citizens. Digital management plays an important role in the organization of public administration and the provision of services in the modern era. These activities cover both domestic and interstate issues, which also include monitoring and evaluation of social changes with all citizen initiatives. The main purpose of the article is to identify modern models of digital management in the public sector, identify real experience and provide recommendations in this direction.

During the research of the scientific article, reports of the OECD, the World Economic Forum, the World Development Bank on the application of artificial intelligence in the public sector and assessing digital management, as well as materials from scientific research in the field of digitalization of public administration processes were used. The methodological basis of the research work is empirical and theoretical-methodological methods.

The scientific article evaluates the integration of digital technologies into public administration and the role of artificial intelligence in e-government, examines local and foreign experiences in the implementation of programs that facilitate the creation of e-governments. Innovative models of digital management in the public sector are examined, the role of e-services in optimizing organizational structures and processes is discussed, and a SWOT analysis of the integration of digitalization into the public administration process in Azerbaijan is conducted. As a result, the risks in the digital management of the public sector are taken into account, preventive measures are taken to minimize them, and future challenges are identified, and recommendations are given for improving existing systems.

Keywords: *digital management, public administration, e-government, artificial intelligence, digital infrastructure*

TƏBİİ DİLİN EMALINDA İSTİFADƏ OLUNAN ALQORİTMLƏR VƏ ONLARIN TƏTBİQİ METODLARI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419644>

Fatma ƏLİYEVƏ

fatma.aliyeva@mdu.edu.az

Mingəçevir Dövlət Universiteti, Azərbaycan

Məhsəti ƏLİYEVƏ

mahsati.aliyeva@mdu.edu.az

Mingəçevir Dövlət Universiteti, Azərbaycan

XÜLASƏ

Müasir informasiya cəmiyyətində daim yüksələn templərlə baş verən texnoloji tərəqqi elm və texnika sahəsində çalışan mütəxəssislərdən sözügedən sahənin daim təkmilləşdirilməsini və onun ən qabaqcıl innovasiyalarla təchiz olunmasını tələb edir. Belə mühüm texniki tədbirlərdən biri də təbii dilin emalı üzrə keyfiyyət meyarlarını tələb olunan müasir standartlar səviyyəsinə çatdırmaqdır. Bu vəzifənin uğurlu icrası isə sözügedən texniki prosesə daha effektiv mexanizmlərin tətbiq edilməsidir. Hazırda təbii dilin emalı texnologiyası bir çox vacib prosedurları icra edərək informatika sahəsində yüksək nailiyyətlərə imza atır. Sözügedən bu prosedurlar sırasına mətnlərin avtomatik annotasiyası və referasiyası, onların sinifləşdirilməsi, mətnlərin məzmunundan məlumatların çıxarılması, maşın tərcüməsi, sintaktik və morfoloji təhlil, həmçinin tonallığın təhlili daxildir. Bütün bunlar təbii dilin alqoritmlərinin əsaslarını təşkil edir. Onların hər biri texniki innovasiyaların dayanıqlı inkişafında mühüm rol oynayır və informasiya texnologiyaları landşaftının təkmilləşməsinə öz töhfəsini verir. Təqdim olunan məqalədə də təbii dilin emalı alqoritmlərinin müxtəlif tiplərinə baxılır, onların tətbiq edilməsi qaydalarını və iş rejimini əks etdirən məqamlar təhlil edilir və müvafiq nəticələr çıxarılır. Sözügedən alqoritmlərin məzmununun, strukturunun və iş prinsipinin öyrənilməsi, onların ayrı-ayrı xassələrinin generativ komponentlərinin mənimsənilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edən məqam kimi ön plana çəkilir. Təbii dilin emalı (NLP) prosesində alqoritmlərin həyata keçirilməsinə dair bir sıra elmi müddəalar, verilənlərin idarə edilməsi işinin rəqabət qabiliyyətini artıran və təbii dilin emalının bütün potensialından istifadə etmək üçün əlverişli şərait yaradan mühüm məqamlar məqalənin əsas motivlərini təşkil edir.

Açar sözlər: təbii dil, alqoritm, metod, emal, süni intellekt.

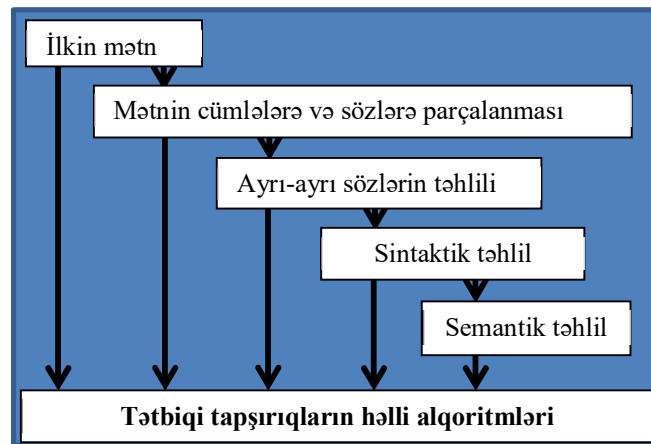
Giriş

Müasir informasiya cəmiyyətində elmi-texniki baxımdan dayanıqlı inkişafı təmin edən bir sıra vacib istiqamətlər içərisində süni intellektin və riyazi linqvistikanın (təbii və bəzi süni dillərin quruluşunu təsvir etmək üçün nəzərdə tutulan formal aparatın hazırlanması üzrə riyazi təlim, riyazi linqvistikada, adətən cəbr elminin əsas ideyalarından və metodlarından istifadə olunur) xüsusi rolu və əhəmiyyəti vardır. Sözügedən sahələrin effektiv işləməsi və gözlənilən nəticələr verməsi üçün isə onlarda istifadə olunan təbii dilin və bu dildən təşkil olunan mətnlərin emalı tələb olunur. Təbii dilin emalı (ing. *Nautral Language Processing, NLP*) dedikdə, kompüter təhlilində yaranan problemlərin həlli üzrə çalışmalar və təbii dildə mətnlərin sintezi üzrə müvafiq spesifik proses başa düşülür. Bu prosesdə süni intellektlə bağlı aparılan prosedurlar zamanı icra olunan təhlillər dilin başa düşülməsi aktının gerçəkləşməsi, yerinə yetirilən sintez isə səriştəli nitqin daha da

gücləndirilməsi deməkdir. Sözügedən prosedurların icrası zamanı adekvat nəticələrin əldə edilməsi üçün çeşidli alqoritmlərdən və metodlardan istifadə olunur. İnformasiya texnologiyaları sahəsində çalışan hər kəsə məlumdur ki, kompüter interfeysi üçün təbii dilin qurulması işi həmişə fəvqəladə aktuallıq kəsb edən məsələ olmuşdur. Buna görə də informasiya texnologiyalarının cəmiyyət həyatına nüfuz etməsinin templəri artıqca, texniki innovasiyalar sürətlə bir-birini əvəz etdikcə bu sahədə istifadə olunan məhdud lüğət ehtiyatının artırılması və davamlı olaraq təkmilləşdirilməsi məsələsi daha kəskin şəkildə dövrün və günün tələbinə çevrildi. Təbii dilin emalı və onun yaxşı başa düşülməsi məsələsi o qədər önəmlidir ki, adətən bu prosesi mürəkkəblik nəzəriyyəsində (informatikada və alqoritmlər nəzəriyyəsində özəl anlayışdır, giriş verilənlərinin ölçülərinə uyğun bəzi alqoritmlərin icra etdiyi işin həcmnin asılılıq funksiyasını ifadə edir) qeyri-deterministik polinom NP-tam (ing. NP, *non-deterministic polynomial* - qeyri-deterministik polinom) sinif tapşırığına analoji olan AI-tam (ing. AI, *artificial intelligence*) tipli tapşırıqlar hesab edirlər (Murray, 2015, s. 152). Təbii dilin emalı, bir qayda olaraq, kompüterlə insan dili arasında qarşılıqlı əlaqəyə köklənir. O, maşına (kompüterə, robota, elektron qurğuya və digər avadanlıqlara) imkan verir ki, o, insan dilini həm faydalı, həm də dərk olunmuş şəkildə başa düşsün, təfsir etsin və gücləndirsin. Lakin dilin emalı prosesi bununla bitmir və o, dilin quruluşunun daha dərin qatlarına nüfuz edərək onun analitik imkanlarını təminatına etibarlı zəmanət verir. Əldə edilən nəticələr isə daha yaxşı və optimal qərar qəbul etməyə xidmət edir. Sözügedən üstünlüklər, əsas etibarilə ayrı-ayrı mürəkkəb NLP alqoritmlərin və onların tətbiqi zamanı istifadə olunan yeni üsul və vasitələrin sayəsində mümkün olur. Qeyd edək ki, təbii dilin emalı alqoritmlərinin qabaqcıl informasiya texnologiyalarına və süni intellektə əsaslanan müasir informasiya cəmiyyətinə tətbiqi insanların professional fəaliyyətinə yüksək səviyyədə pozitiv təsir göstərir. Hazırda "süni intellekt" ideyasının insan həyatının bütün sahələrinə ısrarla nüfuz etməsi gündəmi zəbt edən və fəvqəladə populyarlığı ilə seçilən məsələlərdəndir. Lakin daha aktual olan məsələ süni intellektin praktikada geniş tətbiqi və nəzəriyyədən praktikaya keçidin effektiv şəkildə təmin edilməsi ilə bağlıdır.

Təbii dilin emalında istifadə olunan alqoritmlərin strukturu, fəaliyyət mexanizmləri və tətbiqi metodları

Girişdə irəli sürülən müddəalardan belə bir nəticə hasil olur ki, təbii dilin emalı informasiya cəmiyyətində çox mühüm vəzifələri icra edir: nitqin müəyyən olunması, mətnin təhlili, məlumatın çıxarılması, sual-cavab sistemi, mətnin generasiyası, nitqin sintezi, ifadələrin təhlili və informasiya axtarışı. Bunlardan başqa təbii dilin emalı digər vacib prosedurları da yerinə yetirir: tanınmış nitqin əsasında mətnin generasiyası, sözlərin nitq hissələrinə aidiyyatının müəyyən edilməsi, simvolların ardıcılığının təsnifatı, mətnin kateqoriyalar üzrə təyin edilməsi və ümumiləşdirilməsi, sözlərin nitq hissələrinə aidiyyatının müəyyən edilməsi, ifadələrin (frazalar) tanınması və s. Bütün bu prosedurlar və vəzifələr konkret ardıcılıq və nizam üzrə həyata keçirilir. Bununla əlaqədar Şəkil 1-də təbii dilin emalı prosesində icra olunan prosedurlardan birinin – mətnin təhlilinin mərhələləri göstərilmişdir.



Şəkil 1. Mətnin təhlili mərhələləri (müəllif).

Yuxarıda adları çəkilən prosedurların və vəzifələrin icrası özəl metodiki qaydalara əsaslanır və onlar informatika elmində “təbii dilin emalı (TDE) alqoritmləri” adlanır. Təbii dilin alqoritmləri insan dilinin təhlili, anlaşılması və generasiyası məqsədi ilə istifadə olunan hesablama metodudur və onlar, bir qayda olaraq, 3 fərqli tipdə olur:

1. Təbii dilin emalının simvolik (rəmzi) alqoritmləri.
2. Təbii dilin emalının statistik alqoritmləri.
3. Təbii dilin emalının hibrid alqoritmləri.

Təbii dilin emalının simvolik (rəmzi) alqoritmlərini, həm də qaydalara və biliklərə əsaslanan alqoritmlər adlandırırlar. Belə ki, onlar əvvəlcədən müəyyən edilmiş linqvistik qaydalara və biliklər haqqında təsəvvürlərə əsaslanır. Simvolik (rəmzi) alqoritmlərin tətbiqi zamanı təbii dilin emalı üçün bir sıra linqvistik komponentlərdən - lüğətlərdən, qrammatik qaydalardan və ontoloji elementlərdən istifadə olunur. Qeyd edək ki, yaxşı interpretasiya (təfsir) olunan simvolik (rəmzi) alqoritmlər həm də çox mürəkkəb linqvistik strukturları emal etməyə qadirdir. Lakin emal prosesində xeyli sayda əl çalışmaları tələb olunur və bunun sayəsində adekvat nəticələr əldə olunur. Daha bir vacib məqamı da qeyd etmək lazımdır ki, simvolik (rəmzi) alqoritmlər qaydaları dəqiq şəkildə müəyyən olunan və nizamə uyğun ardıcılıqla qurulan konkret tapşırıqların həllində daha effektiv olur.

Simvolik (rəmzi) alqoritmlər əsasında təbii dilin emalı işi kompüterin cəbri sistemi əsasında həyata keçirilir. Hazırda informasiya texnologiyalarında çox geniş istifadə olunan ən populyar cəbri sistem MathCad (avtomat layihələşdirmə sinfinə aid olan kompüter cəbri sistemi, hesablamalara və vizual müşayiətə əsaslanan interaktiv sənədlərin hazırlanması üçün istifadə olunur) hesab olunur. Asan istifadə qaydaları ilə seçilir və kollektiv işlərdə tətbiq olunur. Bu sistemdən texniki yönümlü ali təhsil müəssisələrində tələbələr və müəllimlər də istifadə edir. MathCad intuitiv və istifadə üçün sadə istifadəçi interfeysə sahibdir. Müvafiq düsturların və verilənlərin daxil edilməsi zamanı həm klaviaturadan, həm də instrumentlərin xüsusi panellərindən istifadə etmək olur. MathCad sistemi ilə iş işçi səhifənin hüdudları daxilində həyata keçirilir və bu zaman bərabərliklər və ifadələr proqram dilindəki mətn yazılarından fərqli olaraq qrafiklər şəkildə əks olunur. Əlavə sənədlərin yaradılması zamanı isə WYSIWYG (*What You See Is What You Get* – “nə görürsənsə, onu da alırsan”) adlanan iş prinsipi tətbiq edilir (Tarañçuk, 2013, s. 10). Qeyd edək ki, 2021-ci il 31 dekabr tarixindən sonra PTS, Inc (ing. *Parametric Technology Corporation*

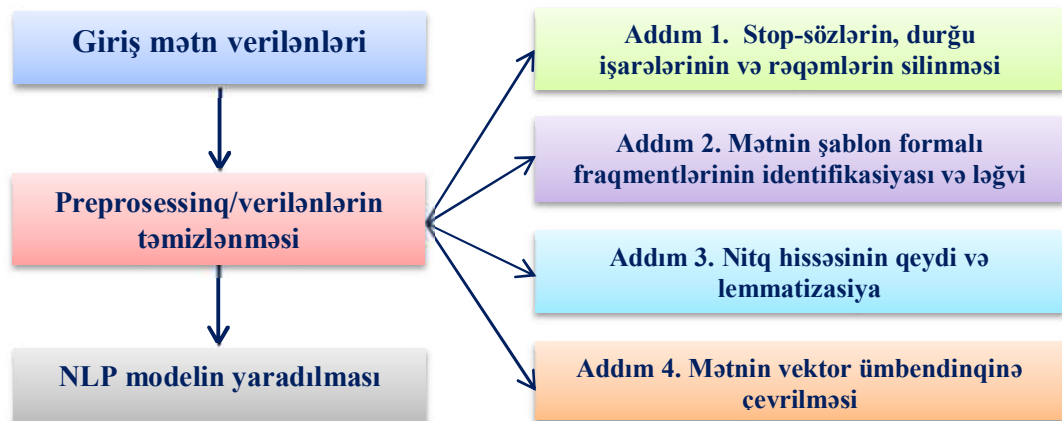
- 2 və 3 ölçülü layihələndirmələr üçün proqram təminatını icra edən beynəlxalq kompaniya) firması MathCad avtomat layihələndirmə sisteminin 7-ci və "Prime" versiyasını təqdim edir. Aşağıda MathCad kompüter cəbri sisteminin iş rejiminin ən mühüm elementləri təqdim edilmişdir. Qeyd edək ki, riyazi redaktor kimi çıxış edən MathCad cəbri sistemi təbii dilin emalı alqoritmlərindən istifadə edərək müxtəlif riyazi hesablamalar aparır və bu zaman istifadəçi redaktorun köməyiylə riyazi qaydalara uyğun riyazi ifadələrin düsturlarını daxil edir və dərhal cavablar alırlar. Ümumi cizgilərdə MathCad cəbri sistemi təbii dilin emalı alqoritmlərinə əsaslanaraq, aşağıdakı hərəkətləri icra edir: riyazi ifadələrin daxil edilməsi, müxtəlif hesablamaların aparılması; müxtəlif hesablamaların nəticələri üzrə cədvəl hazırlanması; xarici fayldan verilənlərin daxil edilməsi; xarici fayla verilənlərin daxil edilməsi; veb-səhifələrin yaradılması; riyazi xarakterli sorğu materiallarına girişin təqdim edilməsi və s. Simvolik (rəmzi) alqoritmlər əsasında təbii dilin emalı prosesi simvolların daxil edilməsindən başlayır. Bu zaman pəncərələrin böyük hissəsini işçi sahələr tutur. Bu sahələrə riyazi ifadələr, mətn sahələri və proqramlaşdırma elementləri daxil etmək olur. Düsturun və yaxud mətnin daxil edildiyi yeri qeyd etmək üçün giriş kursorundan (+) istifadə olunur. Bu zaman mausun göstəricisini müvafiq yerdə tıklamaq, yaxud onu klaviaturanın müvafiq düymələri ($\leftarrow$, $\uparrow$, $\rightarrow$, $\downarrow$) üzərində hərəkət etdirmək lazım gəlir. Düsturun və ya mətnin daxil edilməsi zamanı kursorun yerində göy rəngli şaquli və üfüqi giriş xətləri yaranır və onlar həmin vaxt redaktə yerini qeyd edir. Beləliklə, simvollar, rəqəmlər, və düsturlar klaviaturadan daxil edilir, lakin onları paneldən daxil etmək daha məqsəduyğundur. Redaktə işi isə WORD düstur redaktorunun köməyi ilə yaradılan düsturlar şəklində həyata keçirilir. Lakin burada redaktə işinin icrası qeydiyyatın hansı istiqamətdə (soldan sağa və ya əks istiqamətdə) seçilməsindən asılı olur (Plisko, 2023, s. 7).

Təbii dilin emalının statistik alqoritmləri dilin tam anlaşılan olması üçün riyazi modellərdən və verilənlərin böyük dəstindən istifadə edir. Onlar ehtimallara uyğun müvafiq qanunauyğunluqları və mətnin verilənlərində qarşılıqlı əlaqələri aşkara çıxaran statistik metodlara əsaslanır. Qeyd edək ki, maşın təlimi, nəzarət olunan və olunmayan təlimlər təbii dilin emalının statistik alqoritmlərinə tətbiq olunur. Təbii dilin emalının simvolik alqoritmlərindən fərqli olaraq, statistik alqoritmlər daha çevik və irimiqyaslı olur. Onlar verilənlərin əsasında, avtomatik olaraq, təlim keçə bilir və zaman-zaman əlavə informasiyalar əldə edərək təkmilləşir.

Təbii dilin emalının hibrid alqoritmləri özündə həm simvolik, həm də statistik elementləri birləşdirir və onların ən güclü tərəflərindən istifadə edir. Onlar müəyyən linqvistik tapşırıqların və digər statistik materialın emalı üçün nəzərdə tutulan metodlardan istifadə edir. Simvolik və statistik metodların integrasiyası sayəsində təbii dilin emalının hibrid alqoritmləri NLP əlavələrində işi daha yüksək dəqiqliklə və etibarlı şəkildə icra edə bilirlər. Onlar təbii dilin mürəkkəbliyini daha effektiv səviyyədə idarə edir. Bu zaman obrazların tanınmasını və onların adaptasiyasını tələb edən statistik tapşırıqların strukturlaşdırılması üçün simvolik qaydalar tətbiq olunur.

NLP alqoritmləri insan dilini emal və təhlil etmək üçün nəzərdə tutulan çoxlu sayda metodları əhatə edir. Onlar təbii dilin emalını optimal üsullarla həyata keçirməyə və adekvat nəticələr əldə etməyə imkan verir. Aşağıda belə metodların ən mühüm olanları qeyd edilmiş və onların məzmunu, missiyası və əsas məqsədləri müəyyən edilmişdir:

1. Lemmatizasiya – təbii dilin sözlərini onların baza (kök) formasına qaytarmaq məqsədilə istifadə olunan metodlardır. Bu metodun vasitəsi ilə həyata keçirilən prosedurlar nəticəsində mətn verilənləri normal vəziyyətə gətirilir və bu sözlərin baza forması üzrə təhlili və müqayisələri daha asan edir. Qeyd edək ki, stemminqlə müqayisədə lemmatizasiya (ing. *lemma* – sözlərin ilkin lüğət forması) linqvistik kontekstdə hesabatə əsaslandığı üçün daha dəqiq metod hesab olunur. Beləliklə, lemmatizasiya sözləri lüğət formasına və yaxud lemmaya qaytarır (məsələn, ingilis dilində “qaçış” mənasını verən “*running*” “*run*” - “qaçmaq” sözü çevrilir) və onların baza formasında təhlilinə tam zəmanət verir. Adətən, prosesin əvvəlində müxtəlif konveyerlərdən istifadə edərək müvafiq hazırlıq



Şəkil 2. Pipeline konveyeri vasitəsi ilə verilənlərin ilkin emalı sxemi (müəllif).

işləri görülür. Şəkil 2-də bununla əlaqədar nümunə təqdim edilmişdir.

2. Stemminq (ing. *stemming* - “mənsəyini tapmaq”) – təbii dilin emalı zamanı sözün əsasının və ya mənsəyinin tapılması prosesidir. Bu zaman sözün əsasının onun morfoloji kökü ilə uyğunluğu o qədər də vacib deyil. Stemminqdən, axtarış sistemlərində, adətən istifadəçinin axtarış sorğusunu genişləndirmək üçün istifadə olunur və o mətnin normallaşdırılması prosesinin bir hissəsi kimi çıxış edir. Sözün mənsəyinin axtarışı tapşırıqların həlli üzrə konkret üsul “stemminqin alqoritmi”, realizə olunmuş işin nəticəsi isə “stemmer” adlanır. Stemminq sözlərin son hissələrini kəsir və şəkilçiləri ləğv edir. Bu proses lemmatizasiyadan fərqli olaraq daha sürətlə baş verir, lakin kifayət qədər dəqiq olmur. Hazırda təbii dilin emalı zamanı “*Stemmer Snowforce*” alqoritmindən geniş istifadə olunur. *Snowforce* alqoritm digərləri (məsələn, *Snowball*) ilə müqayisədə prosedurları bir neçə dəfə sürətlə icra edir (Yatsko, 2016, s. 103).

Lemmatizasiya və stemminq alqoritmlərindən başqa təbii dilin emalı zamanı çoxlu sayda digər metodlardan da istifadə olunur. Məsələn, tematik modelləşdirmə. Bu metoddan, adətən gizli mətnlərin və ya sənədlər kolleksiyasında naməlum bölmələrin aşkara çıxarılması zamanı istifadə olunur. Onun köməyi ilə mücərrəd (abstrakt) mövzular müəyyən edilir. Digər bir alqoritm əhval-ruhiyyənin təhlilidir. Bu alqoritm vasitəsi ilə mətnlərdə ifadə olunmuş emosiyalar müəyyən edilir və onların müsbət, mənfi və neytral tərəfləri sinifləşdirilir. Təbii dilin emalı alqoritmləri müxtəlif situasiyalarda, müxtəlif üsulların vasitəsi ilə prosesə daxil edilir. Aşağıda həmin alqoritmlərdən bir neçə nümunə təqdim edilmişdir:

1. Latent Dirixle yerləşdirilməsi (ing. *Latent Dirichlet allocation* -tematik modelləşdirmənin bir növüdür və qrafik model kimi, ilk dəfə 2003-cü ildə Devid Bley,

Endryu In və Maykl Cordan tərəfindən təqdim edilmişdir) – maşın təlimində məlumat axtarışında istifadə olunan bir modeldir. Gizli qrupların köməyi ilə o, müşahidələrin nəticələrini izah etməyə imkan yaradır. Onun sayəsində verilənlərin bəzi hissələrinin oxşarlıq səbəblərini aşkara çıxarmaq mümkün olur. Sözügedən proses zamanı əgər müşahidə obyektı sənədlərdə toplanmış və müşahidə olunan sözlərdirsə, bu zaman hər bir sənəd özündə mövzuların kiçik qismini ifadə edir və hər sözün yaranması sənədin bir mövzusu ilə bağlı olur.

2. Porter Stemmer – stemminqdə istifadə olunan alqoritmdir və o, sözləri onların köklərinə çevirir. İngilis alimi Martin Porter (1910-2002) tərəfindən yaradılmışdır. Bu alqoritmə ingilis dilində ümumi morfoloji və sözləri dəyişən sonluqların kəsilməsi üçün istifadə olunur.

3. TextRank (Mətn reytingi) alqoritmi – mətnə açar sözlərin çıxarılmasında və rezümelərin edilməsində istifadə olunur. TextRank alqoritmi sözlərin köklərini və ya cümlələri qurur.

4. Word2Vec alqoritmlər dəsti - sözlərin vektor şəklində təqdimatı zamanı istifadə olunur və bu zaman vektorlar sözlər arasındakı semantik əlaqəni qeydiyyatı alır və bir-birinə oxşayan sözləri vektor məkanında bir arada yerləşdirir (Vasilyev, 2021, s. 100). Word2Vec alqoritmlər dəsti böyük mətn korpuslarından olan sözlərin assosiasiyasını öyrənmək üçün neyron şəbəkələrdən istifadə edir və Continuous Bag Words (CBOW) və Skip-gram kimi modellərdən dəstək alır.

Nəticə

Aparılan tədqiqatlardan məlum olur ki, təbii dilin emalı alqoritmləri və metodları qabaqcıl texnologiyalar sahəsində mühüm və daim inkişaf edən element kimi özünü təsdiq etmişdir. Onlar tətbiq olunduğu bütün sferalarda istifadəçi üçün yeni imkanlar açır. Bu sahədə ən vacib vəzifələrdən biri maşın təlimi alqoritmlərinin və metodlarının davamlı olaraq təkmilləşdirilməsidir. Məhz daim təkmilləşdirilən və inkişaf edən alqoritmlər sayəsində mətnin və nitqin emalı üçün daha effektiv və dəqiq modellər yaratmaq mümkündür. Hazırda təbii dilin emalı ilə əlaqədar durmadan yeni alətlər və texnologiyalar yaradılır və praktikada tətbiq edilir. Onların sayəsində mətnin emalı prosesi daha da sürətləndirilir və ona yeni keyfiyyət meyarları qatılır. Bu gün mətnlə işin tətbiqi olunduğu yeni sahələr sırasına mətnlə işin avtomatlaşdırılması, çat-botları (ing. *chatbot* - virtual həmsöhbət və ya proqram-həmsöhbət – istifadəçinin tələbatlarını üzə çıxarır və onların təmin edilməsində yardımçı olur), virtual köməkçilər, fikirlərin analitikası sisteminin yaradılması, təsvirlər əsasında obyektlərin tanınması və sinifləşdirilməsi, böyük həcmdə verilənlərin təhlili və s. Həmçinin, təbii dilin emalı alqoritmlərinin perspektivdə tətbiq olunacağı sahələr sırasına tonallığın təhlilinin yaxşılaşdırılması üsullarının axtarışı, çoxlu sayda dünya dillərinin axtarışı, maşın tərcüməsinin daha dəqiq sisteminin yaradılması və nitqin ayırd edilməsi sisteminin yaxşılaşdırılması aiddir. Yaxın gələcəkdə təbii dilin emalı alqoritmlərinin yeni texnologiyalar və maşın təlimi əsasında daha yüksək inkişaf səviyyəsinə çatacağı gözlənilir və təbii dilin mətnlərinin daha dəqiq sistemlərinin yaradılmasına yol açacaq.

ƏDƏBİYYAT

1. Murray, Shanahan. (2015). The Technological Singularity. - MIT Press. - P. 152. - 272 p.
2. Plisko, İ.Q. (2023). Vıçislitelnie metodi i kompyuternaya alqebra. Moqilyov. BRU. S. 7. - 46.s.
3. Tarançuk, V.B. (2013). Osnovnie funksii sistem kompyuternoy alqebri. Posobie dlya studentov fakulteta prikladnoy matematiki i informatiki. Minsk: BQU. S. 10. – 59. S.
4. Vasilyev, Y. (2021). Obrabotka estestvennoqo yazıka, Python i spaCy na praktike – SPb.: Piter.C. 100. - 256 c.
5. Yatsko, V.A. (2016). Osobennosti razrabotki stemmera. Mejdunarodniy nauçniy jurnal “Simvol nauki” №10-2/2016. Ufa. Omega science. - S.103.

РЕЗЮМЕ

Фатма Алиева

Мехсети Алиева

АЛГОРИТМЫ И МЕТОДЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОБРАБОТКЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА

Технологический процесс, непрерывно происходящий с возвышающимися темпами в современном информационном обществе, требует от специалистов, занимающихся в области научных и технических инноваций постоянного совершенствования и обеспечения новыми образцами передовых технологий. Одним из таких важнейших технических мероприятий по повышению качественного критерия обработки естественного языка, есть его достижение на новый уровень современных технологических стандартов. Успешная реализация этой задачи зависит от внедрения в этот процесс наиболее эффективных механизмов. В настоящее время технология обработки естественного языка, исполняя некоторые важные процедуры, четко и последовательно завоевывает довольно высокие достижения. В число таких процедур входят автоматическая аннотация и реферирование различных текстов, а также их классификация, извлечение из текстов соответствующей информации, машинный перевод, морфологический и синтаксический анализ, а также анализ тональности. Все это является основой алгоритмов обработки естественного языка. Каждый из них играет важную роль в устойчивом развитии технических инноваций, и делают свой важный вклад в дело совершенствования ландшафта информационных технологий. В представленной статье рассматриваются различные типы алгоритмов обработки естественного языка, анализируется целый ряд важнейших моментов, отражающие рабочий режим алгоритмов и правил их внедрения, а также делаются итоговые заключения. Изучение структуры, содержания и рабочих принципов данных алгоритмов, и присвоение генеративных компонентов их различных характеристик выводится на передний план как основной момент, имеющий особое значение. Важнейшие научные предпосылки, о внедрении алгоритмов в процесс обработки естественного языка (NLP), которые повышают конкурентоспособность работы по управлению данными и создают

благоприятные условия для использования всем потенциалом обработки естественного языка (NLP) выступают как основные мотивы статьи.

Ключевые слова: естественный язык, алгоритм, метод, обработка, искусственный интеллект.

SUMMARY

Fatma Aliyeva
Mahsati Aliyeva

ALGORITHMS AND METHODS OF THEIR USE IN NATURAL LANGUAGE PROCESSING

The technological process, which is continuously taking place at an increasing pace in the modern information society, requires specialists involved in scientific and technical innovations to constantly improve and provide new examples of advanced technologies. One of the most important technical measures to improve the quality criterion of natural language processing is its achievement to a new level of modern technological standards. Successful implementation of this task depends on the introduction of the most effective mechanisms into this process. At present, natural language processing technology, performing some important procedures, clearly and consistently achieves quite high achievements. Such procedures include automatic annotation and abstracting of various texts, as well as their classification, extraction of relevant information from texts, machine translation, morphological and syntactic analysis, and sentiment analysis. All of these form the basis of natural language processing algorithms. Each of them plays an important role in the sustainable development of technical innovation, and makes its own important contribution to the improvement of the information technology landscape. The presented article examines various types of natural language processing algorithms, analyzes a number of key points reflecting the operating mode of algorithms and the rules for their implementation, and draws final conclusions. The study of the structure, content and working principles of these algorithms, and the assignment of generative components to their various characteristics is brought to the forefront as a key point of particular importance. The most important scientific premises on the implementation of algorithms in the process of natural language processing (NLP), which increase the competitiveness of data management work and create favorable conditions for using the full potential of natural language processing are the main motives of the article.

Keywords: natural language, algorithm, method, processing, artificial intelligence.

**SÜNİİNTELLEKT ƏSASLI SİSTEMLƏRLƏ ELEKTRON TULLANTILARIN EKOLÖJİ
TƏSİRLƏRİNİN AZALDILMASI VƏ EFFEKTİV ÇƏŞİDLƏMƏ
TEKNOLOGİYALARININ HAZIRLANMASI**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419649>

Bikəs AĞAYEV

bikies418@gmail.com

Məleykə PAŞAYEVA

maleypashayeva15@gmail.com

ETN İnformasiya Texnologiyaları İnstitut, Bakı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Təqdim edilən məqalə e-tullantıların süni intellekt texnologiyalarının vasitəsilə səmərəli idarə edilməsi, e-tullantıların kompüter görmə və dərin öyrənmə metodları ilə aşkarlanması, aşkarlanmış və toplanmış e-tullantıların klassifikasiya edilməsi, e-tullantı aşkarlama modelinin real mühitə integrasiyasını nəzərdə tutur. Yəni, əsas məqsəd elektron və elektrik avadanlıqlarından yaranan tullantıların, xüsusilə, mobil cihazlar, kompüterlər və digər məişət texnikalarının idarə edilməsində süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi vasitəsilə yeni metod və alqoritmlər quraraq e-tullantıların çeşidlənməsi və təkrar emalını optimallaşdırmaqdır. Bu metodlarla e-tullantıların düzgün təkrar emalını və resursların bərpasını artırmaq üçün yüksək dəqiqlikli metodların işlənməsinə baxılır. Əvvəlki tədqiqatlardan məlum olan çatışmazlıqları nəzərə alaraq, müxtəlif növ e-tullantılar və onların müxtəlif şəraitdə və mövqedəki görüntüləri əsasında geniş spektrli araşdırmalar aparılıb. Həmçinin, süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi ilə işlənmiş klassifikasiya və obyekt tanınması metodlarının real mühitdə tətbiqi və nəticələrin validasiya edilməsi ön plana çəkilib. Bu tədqiqat, e-tullantıların idarə edilməsi sahəsindəki mövcud texnoloji boşluqları dolduraraq, süni intellekt və maşın öyrənmə texnologiyalarının tətbiqi ilə yeni metodların işlənməsi vasitəsilə təkrar emalın səmərəliliyini artıracaq və ətraf mühitə olan mənfi təsirləri azaldacaq. Tədqiqat nəticəsində əldə edilən çeşidləmə və təkrar emal metodlarının optimallaşdırılması nəticəsində iqtisadi və ekoloji faydaların qazanılacağı güman edilir. Həmçinin, alınan nəticələr e-tullantıların idarə edilməsi işində çevik istehsal modellərinin inkişaf etdirilməsi istiqamətində gələcək tədqiqatlara təkan verə bilər.

Açar sözlər: elektron tullantı, elektron tullantıların idarə edilməsi, süni intellekt, maşın öyrənmə, elektron tullantıların klassifikasiyası, elektron tullantıların toplanması, kompüter görmə.

Giriş. İlk öncə problem üzrə əsas beynəlxalq standartlardan biri kimi qəbul edilmiş Avropa İttifaqının 2012/19/EU Direktivində “elektron tullantılar” termininə verilmiş tərfi qeyd edək: “istifadə olunmuş və istismardan çıxarılma anında avadanlığın bütün tərkib hissələri, qovşaqları, çıxdış materialları daxil olmaqla sahibinin (mülkiyyətçinin) atdığı (tulladığı) və ya atmaq üçün nəzərdə tutduğu və ya atmalı olduğu elektrik və elektron avadanlıqların tullantıları” (Directive 2012/19/EU of the European Parliament and the Council) (İngilis dilli ədəbiyyatda Waste Electrical and Electronic Equipment – qısaca, e-waste, və ya WEEE). Verilmiş məqalədə “e-tullantılar” terminindən istifadə ediləcək. Elektrik və elektron məhsulların, cihazların istehsalının artması və ən son texnologiyalara sahib olma ehtiyacının getdikcə yüksəlməsi hər il istehsal olunan e-tullantıların miqdarında əhəmiyyətli artıma səbəb olmuşdur (Shreyas Madhav et al., 2021, s. 1053). 2022-ci ildə

dünyada təxminən 62 milyon ton e-tullantı istehsal olunub, və yalnız 22,3%-i rəsmi şəkildə təkrar emal edilib. Proqnozlara görə 2030-u ildə bu rəqəmlərinin uyğun olaraq 74.8 milyon tona və 17.4% çatacağı məsələnin ciddiliyindən xəbər verir (World Health Organization, 2024). Hal-hazırda bir çox ölkələrdə, o cümlədən Azərbaycanda e-tullantıların idarəçiliyi beynəlxalq standartların tələblərinə cavab vermir, bir qayda olaraq selektiv çeşidləmə aparılmadan digər tullantılarla birlikdə poliqonlara atılır, təbii amillərin (günəş şüaları, yağıntı, külək və s.) təsiri ilə aşınaraq ayrılan ziyanlı qazlar, maye və s. fraksiyalar halında ətraf mühiti çirkləndirməklə insanların sağlamlığı üçün potensial təhlükə yaradır. Məlumdur ki, e-tullantıların tərkibində 1000-dən çox kimyəvi maddə və birləşmələr var və bunların arasında başlıca rolunu neyrotoksinlər tutur. Bir qayda olaraq poliqonlarda təkrar emal növü kimi, açıq havada yandırma, əl ilə demontaj kimi təhlükəli üsullar tətbiq edilir. Nəticədə, qurğusun, qalay, civə və s. maddə buxarlarının, dioksinlər, furanlar və s. kimi zəhərli birləşmələrin ətrafa yayılması baş verir. Bunlar uzunmüddətli sağlamlıq problemləri, xüsusilə uşaqlar və hamilə qadınlar üçün ciddi fəsadlar yaradır (Paşayeva, 2020, s.58). Digər tərəfdən, e-tullantıların ənənəvi metodlarla idarə edilməsi gərgin əl əməyi, yüksək əməliyyat xərcləri tələb etməsi, iş səmərəliliyinin aşağı olması və ya mənfəətin olmaması səbəblərindən təkmilləşdirilmiş metodların işlənməsi və tətbiq edilməsi zərurəti yaranmışdır (Lakhout, 2025, s. 104018). Bu səbəbdən e-tullantıların digər tullantılardan ayrı yığılması (selektiv yığım), çeşidlənməsi və təkrar emalı üçün düzgün idarəetmə sisteminin qurulması vacibdir.

E-Tullantıların Aşkarlanması və Klassifikasiyasında Süni İntellekt Yanaşmalarının Mövcud Problemləri. E-tullantıların idarə edilməsi prosesinin avtomatlaşdırılması kompleks yanaşma tələb edir. Aydın məsələdir ki, e-tullantıların ətraf mühitə təsir dərəcəsi, bu təsirin qiymətləndirilməsi və digər məsələlər təbiət elmlərinin öyrəndiyi məsələlərdən biridir. Müxtəlif sensor və kameralardan istifadə etməklə toplanılmasına və emalına nəzarət üçün lazım olan bilik və bacarıqlara mühəndislik sahəsində rast gəlinir (Ağayev & Paşayeva, 2024, s. 199–202). Toplanmış e-tullantı görüntülərinin müxtəlif metodlar vasitəsilə emal olunması, aşkarlanması, klassifikasiyası məsələləri isə süni intellekt və verilənlər elmi (data science) sahəsinə aiddir. Məqalədə e-tullantıların süni intellekt texnologiyaları əsasında idarə edilməsi məsələsi özündə üç sahənin - təbiət elmləri, mühəndislik, süni intellekt və verilənlər elmi sahələrinin kəsişməsini ehtiva edir.

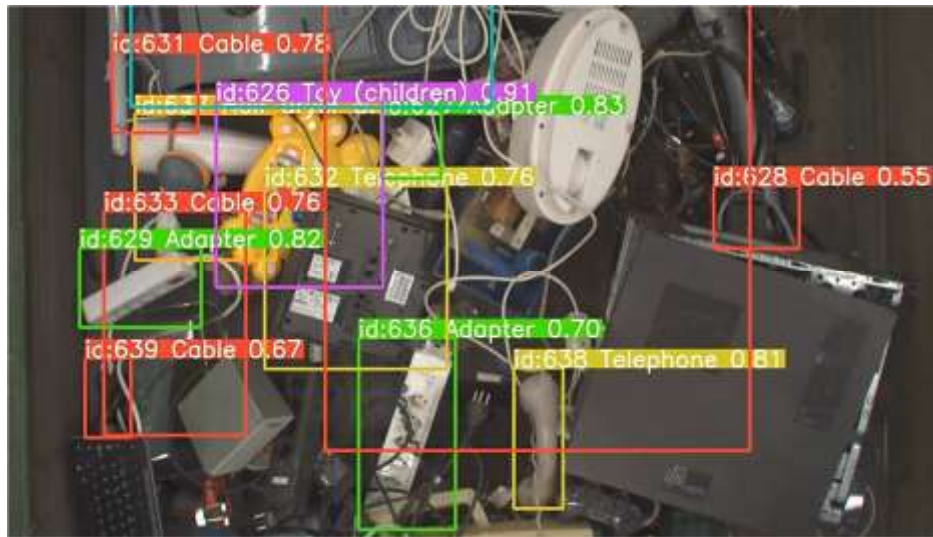
Tədqiqat məqsədilə IEEE Xplore, ScienceDirect və digər elmi bazalarda müvafiq mövzu üzrə ətraflı axtarış aparılmışdır. Məlum olmuşdur ki, bu bazalardakı məqalələrdə əsasən bərk məişət tullantıları ilə bağlı tədqiqatlara üstünlük verilmişdir. E-tullantıların həyat tsiklinin yığım, toplanması, çeşidlənmə və digər mərhələlərindəki problemlərin həlli istiqamətində süni intellekt texnologiyalarının işlənməsi və tətbiqi üzrə elmi-nəzəri və elmi-praktiki xarakterli tədqiqatlar mövcud olsa da çox məhdud saydadır. Bu hal bir sıra digər müəlliflər tərəfindən də nəzərə çatdırılır (Pan, Wong, & Li, 2022, s. 132671). Bir neçə mənbədə e-tullantıların, yığını və toplanması, eləcə də aşkarlanması və çeşidlənməsi üçün dərin maşın təlimi əsaslı yanaşmalar təklif edilmiş. Eynilə də bir məqalədə e-tullantıların aşkarlanması üçün EfficientNet-D2 arxitekturasından istifadə edilmiş və 82% dəqiqliklə nəticə alınmışdır. Lakin modelin nəticələrinə baxdıqda test verilənlərinin nəticəsi ilə təlim verilənlərinin nəticəsi arasında yüksək fərq olduğu aydın görünür. Yəni, təklif edilmiş

modelin real həyatda tətbiqindən 82%-dən aşağı dəqiqlik əldə ediləcəkdir (World Health Organization, 2024). Qeyd edək ki, e-tullantıların aşkar olunması zamanı öyrədilmiş süni intellekt texnologiyası bir neçə çeşidli avadanlıqları tanımağı, fərqləndirməyi bacarmalıdır. E-tullantılar qarışıq tullantılar (selektiv yığım aparılmadan toplanmış) arasında müxtəlif şəraitdə və müxtəlif mövqelərdə ola bilər ki, bu, da aşkarlanmanı çətinləşdirir. Bir neçə tədqiqat işində aşkarlamanın bir müşahidəyə əsaslanan modeldən istifadə edilmişdir və alınan nəticənin dəqiqlik dərəcəsinin yüksək olmamasını modelin çatışmayan cəhəti kimi qiymətləndirmək olar. Başqa bir işdə bu problemi aradan qaldırmaq üçün çoxgörünüslü qraf transformer modeli təklif edilmiş və 94% dəqiqlik əldə edilmişdir. Modelin dayanıqlığını yoxlamaq məqsədilə sintetik və real verilənlər üzərində test edilmiş, lakin test nəticələri təqdim edilməmişdir. Eyni zamanda e-tullantıların yalnız altı növü üzrə (soyuducu, tozsoran, kofe maşını, mikrodalğalı soba, paltaryuyan maşın və buxarlı ütü) və yalnız altı görünüşlü təsvirləri əsasında eksperimentlər aparılmışdır (Zhou et al., 2025, s. 108112). E-tullantıların avtomatik aşkarlanması və klassifikasiyası üçün dərin maşın təlimi və kompüter görmə üsullarının tətbiqi məsələsinə gəlincə, eksperimentlər üç növ elektron cihazlar (mətbəx sobası, televizor, soyuducu) olmaqla 500 real təsvirlər üzərində aparılmış, 91% CNN (CNN (Convolutional Neural Network) – konvolyusion neyron şəbəkədir və əsasən şəkillərin və videoların analizi üçün istifadə olunur. CNN-lər xüsusilə şəkillərdə obyektləri tanımaq, xüsusiyyətləri çıxarmaq və sinifləndirmək üçün qurulur) və 92% R-CNN (R-CNN (Region-based CNN) – CNN-in bir növüdür, lakin daha spesifikdir: bu model əvvəlcə şəkilləki potensial obyekt bölgələrini (region proposals) tapır, sonra isə bu bölgələri analiz edərək hansı obyekt olduğunu müəyyən edir) metodu üzrə klassifikasiya nəticələri əldə edilmişdir (Ivkovic et al., 2024, s. 55). Lakin bu tədqiqatda da nəticələrin validasiyası və nəticələrin təqdim edilməsi nəzərə alınmamışdır.

Araşdırmalar göstərir ki, aparılmış tədqiqatlarda ümumi müşahidə edilən əsas çatışmazlıqlar aşağıdakılardır:

- Tədqiqatların geniş spektrli olmaması, məhdudluğu, icmal tədqiqatların elmi-nəzəri və eksperimental tədqiqatlardan üstün olması;
- E-tullantıların geniş çeşiddə olmasına baxmayaraq (2012/19/EU Direktivinə əsasən tullantılar 10 qrupda 600 adda təsnif edilir (Directive 2012/19/EU of the European Parliament and the Council) eksperimental tədqiqatların məhdud sayda (3-6) növ üzrə aparılması;
- Süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi ilə qurulmuş təsnifat və ya obyektin tanınması kimi metodların dəqiqliyinin real mühit üçün validasiya edilməməsi və ya həmin nəticələrin təqdim edilməməsi;
- E-tullantıların aşkar olunması üçün lazım olan görünüş təsvirləri sayının az olması, başqa sözlə tədqiqat üçün tələb olunan verilənlər toplusunun azlığı;
- E-tullantıların təsnifatı üçün qurulmuş modeldə təlim (öyrətmə) və test verilənləri arasında kəskin fərqi olması (ing. overfitting);

Süni intellekt və kompüter görmə üsulları ilə e-tullantıların idarə edilməsi və real mühitə integrasiyası. E-tullantıların süni intellekt texnologiyaları vasitəsilə idarə edilməsi onların həyat dövrünün aşkar edilməsindən başlanılır. Süni intellekt aşkarlanan cihazları, cihazın quraşdırıldığı yerdən asılı olmayaraq eyni kateqoriya üzrə təyin edir (Şəkil)



Şəkil . Şəkil. Aşkarlanmış e-tullantıların çoxmeyarlı təsnifatı arxitekturu

Bu mərhələdə e-tullantıları aşkarlama metodunun qurulması işlənməsi, və təkmilləşdirilməsi məqsədilə kompüter görmə üsulları tətbiq edilir. Bu, məlumatları yüksək dərəcədə etibarlı edir, ehtiyaclarına müvafiq olaraq yeni parametrlərin əlavə olunmasını təmin edir. Sistem tərəfindən aşkarlanan elektrik və elektron cihazlar artıq orta çəki, təkrar emal və ya ekoloji və iqlimə faydaları ilə təyin edilir (Goyal & Gupta, 2024, s. 100702). Bu, elektron tullantılarla bağlı daha yaxşı proqnozlar və daha ətraflı anlayış əldə etməyə imkan verir. Yeni metodların işlənməsinin əsas məqsədi müasir trend metodlardan olan **YOLO** və digərlərinin arxitekturasında optimallaşdırma aparmaqla təkmilləşdirmələrin aparılması və daha yüksək dəqiqliyə nail olmaqdır. Növbəti mərhələdə aşkarlanmış e-tullantıların növünə görə çeşidlənməsi üçün çoxmeyarlı və binar təsnifatı, eləcə də təlim (öyrətmə) zamanı meydana çıxan tarazlıq probleminin həlli üçün Generativ Rəqib Şəbəkə əsaslı yeni metod və alqoritmlərin təklif edilməsi nəzərdə tutulur. Süni intellekt modelinin digər bir üstünlüyü isə odur ki, gələcəkdə idarə edilən cihazların miqdarı artarsa, şirkətlər üçün əlavə xərclər yaranmayacaq. Eyni zamanda sistemin minimal əmək sərfiyyatı ilə digər məkanlara tətbiq olunmasını təmin edəcək şəkildə sazlanması mümkündür (Pimassoni et al., 2023, s. 106-156). Qeyd edək ki, bu yanaşma yenidir və analiz edilmiş bir çox tədqiqatlarda baxılmamışdır. Hazırlanmış modelin sonuncu mərhələdə real mühitə integrasiyası və dayanıqlığının yoxlanılması, monitorinqi məsələləri üçün mövcud və yeni metodların işlənilib tətbiq edilməsi planlaşdırılır.

Göründüyü kimi, e-tullantıların ətraf mühitə təsirinin azaldılması və təkrar emalı səviyyəsinin artırılması məqsədilə, təkrar emal üzrə istehsalat sahələrində onların aşkarlanması və təsnifatı modellərinin tətbiqi mühüm əhəmiyyət daşıyır. Bu modellər, e-tullantıların növlərinin dəqiq aşkarlanmasını və düzgün emalını təmin edir, nəticədə tullantıların tərkibindəki xammal/material resurslarının bərpası (əldə edilməsi) və təkrar emalı prosesləri optimallaşır. Bu yanaşma, yaşayış və ictimai binalarda, informasiya texnologiyaları, tibb, iqtisadiyyat, istehsal sənayesi və hərbi sahələrdə fəaliyyət göstərən təşkilatlarda tətbiq edilə bilər. E-tullantıların yığılması konteynerlərində toplanmış avadanlıqların çeşidlənməsi üçün qurulmuş model, həmçinin bu tullantıların düzgün şəkildə idarə edilməsini təmin etməklə ətraf mühitə olan ziyanlı təsiri azaldır, təkrar emal prosesinin effektivliyini artırır.

Nəticə. E-tullantıların aşkarlanması və təsnifatı sahəsində süni intellekt və dərin maşın təlimi texnologiyalarının tətbiqi, mövcud texnoloji boşluqları aradan qaldıraraq daha dəqiq və səmərəli idarəetmə həlləri təqdim edir. Maşın təlimi və kompüter görmə alqoritmləri ilə e-tullantıların aşkarlanması və müxtəlif metodlarla (binar və çoxmeyarlı) təsnifatı, tullantıların çeşidlənməsində yüksək dəqiqliyi təmin edir. Generativ Rəqib Şəbəkə əsasında təklif olunan yeni metodlar, digər qrup metodlarının bir sıra problemlərini aradan qaldırmaqla idarəetmə modellərinin effektivliyini artırır. E-tullantıların sünni intellekt texnologiyaları əsasında idarə edilməsi, o cümlədən informasiya təhlükəsizliyi məsələlərinin lazımi səviyyədə həlli onların təkrar emalı proseslərinin optimallaşdırılmasına mühüm təsir göstərəcəkdir.

ƏDƏBİYYAT

- [1] Directive 2012/19/EU of the European Parliament and the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32012L0019>
- [2] Агаев Б.С., Мехтиев Ш.А., Алиев Т.С. О вредных воздействиях медицинских электронных оборудования и их отходов на здоровье человека и окружающую среду // Москва, Информационное общество, 2018, №6, с. 30-38
- [3] Ağayev B.S., Paşayeva M.M., Elektron tullantıların ətraf mühitə və iqlim dəyişmələrinə təsir xüsusiyyətləri. Yaşıl və rəqəmsal transformasiyalar: qarşılıqlı təsirləri, pozitiv və neqativ aspektləri. Məqalələr toplusu. 2025, s. 212-217.
- [4] Goyal, S., & Gupta, S. (2024). A comprehensive review of current techniques, issues, and technological advancements in sustainable E-waste management. *e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 9, 100702.
<https://doi.org/10.1016/j.prime.2024.100702>.
- [5] Ivkovic, Ratko, et al., "Classification of E-Waste Types Using Machine Learning and Digital Image Processing." *Przegląd Elektrotechniczny*, (2024)
<https://doi.org/10.15199/48.2024.09.55>.
- [6] Lakhout, A. (2025). Revolutionizing urban solid waste management with AI and IoT: A review of smart solutions for waste collection, sorting, and recycling. *Results in Engineering*, 25, 104018. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104018>.
- [7] Pan, X., Wong, C. W. Y., & Li, C. (2022). Circular economy practices in the waste electrical and electronic equipment (WEEE) industry: A systematic review and future research agendas. *Journal of Cleaner Production*, 365, 132671.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132671>.
- [8] Pashayeva M.M., "About the effects of electronic waste on human health and environment", International Conference on Actual Problems of Chemical Engineering, Baku, Azerbaijan, 24–25 December 2020, p. 58.
- [9] Pimassoni, Y. S., Lima, M. T. W. D. C., Yamane, L. H., & Siman, R. R. (2023). The recovery of rare earth elements from waste electrical and electronic equipment: A review. *Hydrometallurgy*, 222, 106156. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2023.106156>.
- [10] Shreyas Madhav A, Rajaraman R, Harini S, Kiliroor CC., Application of artificial intelligence to enhance collection of E-waste: A potential solution for household WEEE

collection and segregation in India. Waste Management & Research. 2021;40(7):1047-1053. <https://doi.org/10.1177/0734242X211052846>.

[11] World Health Organization, Electronic waste (e-waste), 1 October 2024, [https://www.who.int/newsroom/fact-sheets/detail/electronic-waste-\(e-waste\)](https://www.who.int/newsroom/fact-sheets/detail/electronic-waste-(e-waste)).

[12] Zhou, C., Wu, Y., Sterkens, W., Vandewalle, P., Zhang, J., & Peeters, J. R. (2025). Multi-view graph transformer for waste of electric and electronic equipment classification and retrieval. Resources, Conservation and Recycling, 215, 108112. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.108112>.

ABSTRACT

Bikas Agayev
Maleyka Pashayeva

DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED SYSTEMS FOR REDUCING THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF ELECTRONIC WASTE AND EFFECTIVE SORTING TECHNOLOGIES

The presented article focuses on the efficient management of electronic waste (e-waste) through the application of artificial intelligence (AI) technologies. It explores the detection of e-waste using computer vision and deep learning methods, the classification of detected and collected e-waste, and the integration of e-waste detection models into real-world environments. The main objective is to develop new methods and algorithms for sorting and recycling waste generated from electronic and electrical equipment—particularly mobile devices, computers, and other household appliances—by leveraging AI technologies to optimize their management. The study emphasizes the development of high-precision methods aimed at improving proper recycling processes and enhancing resource recovery. Taking into account the limitations identified in previous research, extensive investigations have been carried out based on various types of e-waste and their images captured under different conditions and positions. In addition, priority is given to the implementation and validation of AI-driven classification and object recognition methods in real-world environments. By addressing existing technological gaps in the field of e-waste management, this research aims to increase the efficiency of recycling processes and reduce negative environmental impacts through the application of AI and machine learning technologies. The optimization of the proposed sorting and recycling methods is expected to yield both economic and environmental benefits. Moreover, the findings of this study may serve as a catalyst for future research in the development of agile production models for e-waste management.

Keywords: *e-waste, e-waste management, artificial intelligence, machine learning, e-waste classification, e-waste collection, computer vision.*

АННОТАЦИЯ

Бикас Агаев
Малейка Пашаева

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ ОТХОДОВ И ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СОРТИРОВКИ

Представленная статья посвящена эффективному управлению электронными отходами (e-waste) с использованием технологий искусственного интеллекта. Рассматриваются методы обнаружения электронных отходов с применением компьютерного зрения и глубокого обучения, классификация выявленных и собранных отходов, а также интеграция моделей обнаружения e-waste в реальные условия. Основная цель заключается в разработке новых методов и алгоритмов для сортировки и переработки отходов, образующихся в результате использования электронного и электрического оборудования — особенно мобильных устройств, компьютеров и другой бытовой техники — с применением технологий ИИ для оптимизации процессов управления. Особое внимание уделяется разработке высокоточных методов, направленных на улучшение правильной переработки отходов и повышение эффективности восстановления ресурсов. С учётом недостатков, выявленных в предыдущих исследованиях, проведён широкий спектр экспериментов на основе изображений различных видов электронных отходов в разных условиях и положениях. Также акцент делается на реализацию и валидацию разработанных методов классификации и распознавания объектов, основанных на технологиях ИИ, в реальной среде. Настоящее исследование, устраняя существующие технологические пробелы в области управления электронными отходами, способствует повышению эффективности переработки и снижению негативного воздействия на окружающую среду за счёт внедрения новых методов с использованием технологий искусственного интеллекта и машинного обучения. Ожидается, что оптимизация предложенных методов сортировки и переработки принесёт как экономические, так и экологические выгоды. Кроме того, полученные результаты могут стать стимулом для будущих исследований в направлении разработки гибких производственных моделей управления электронными отходами.

Ключевые слова: *электронные отходы, управление электронными отходами, искусственный интеллект, машинное обучение, классификация электронных отходов, сбор электронных отходов, компьютерное зрение.*

RƏQƏMSAL İDARƏETMƏDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ VƏ GƏLƏCƏK PERSPEKTİVLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419656>

Natavan CƏFƏRLİ

jafarli.natavan@hotmail.com

Azərbaycan Dillər Universiteti, Bakı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Rəqəmsal idarəetmə, müəssisələrin və təşkilatların fəaliyyətlərini daha səmərəli və müasir şəkildə təşkil etməsinə kömək edən innovativ bir yanaşmadır. Bu yanaşma, süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının tətbiqi ilə daha da gücləndirilir. Süni intellektin tətbiqi, idarəetmə proseslərinin avtomatlaşdırılmasından tutmuş, məlumatların təhlili və qərar qəbul etməyə qədər geniş bir sahəni əhatə edir.

Süni intellektin ən əsas faydalarından biri, məlumatların böyük həcmində təhlillər apararaq, idarəetmənin daha ağıllı və sürətli bir şəkildə həyata keçirilməsidir. Məsələn, Sİ vasitəsilə rəqəmsal platformalar, müştəri davranışlarını təhlil edərək, fərdi təcrübələr təqdim edə bilir və bu da müştəri məmnuniyyətini artırır. Eyni zamanda, idarəetmə komandalarına doğru və vaxtında məlumat verərək, strategiyaların sürətlə dəyişməsinə imkan tanıyır.

Süni intellektin idarəetməyə gətirdiyi avtomatlaşdırma, müəssisələrin resurslarını daha effektiv istifadə etməsinə kömək edir. İstənilən bir prosesin avtomatlaşdırılması, işçi qüvvəsindən daha optimal istifadə olunmasına və ümumilikdə fəaliyyətin təkmilləşməsinə gətirib çıxarır.

Bununla yanaşı, süni intellektin tətbiqi bəzi riskləri də özü ilə gətirir. Məsələn, məlumat təhlükəsizliyi və etik məsələlər ön plana çıxır. Lakin, düzgün tətbiq edildikdə, süni intellekt rəqəmsal idarəetmədə müəssisələrə böyük üstünlüklər təmin edir və gələcəkdə bu sahədəki inkişaf daha da sürətlənəcək.

Açar sözlər: *rəqəmsal, təhlil, süni, idarəetmə, intellekt*

Prezident İlham Əliyevin 1 mart 2025-ci il tarixli sərəncamı ilə təsdiq edilən Azərbaycan Respublikasının 2025-2026-cı illər üçün süni intellekt Strategiyasında bir sıra prioritet istiqamətlər üzrə tədbirlərin həyata keçirilməsi nəzərdə tutulub. Bu zaman süni intellektin inkişafını şərtləndirən milli prioritet sektorları üzrə məsul dövlət orqanlarının müəyyənləşdirilməsi, süni intellekt sistemlərinin dizaynı, tətbiqi və istifadəsi zamanı fərdi məlumatların mühafizəsi ilə bağlı risklərin aydınlaşdırılması, eləcə də həmin risklərin qarşısının alınması qaydalarının təsdiqlənməsi qarşıya önəmli vəzifə kimi qoyulub. Sənəddə innovasiya yönümlü sərmayələrin cəlbini sürətləndirən, cəmiyyətin maraqlarını və dəyərlərini qoruyan süni intellekt üzrə idarəetmə sisteminin yaradılmasının zəruriliyi xatırladılıb. Eyni zamanda, dünyada süni intellektin inkişafı üçün beynəlxalq tərəfdaşlarla əməkdaşlıq qurulması sözügedən strategiyanın prioritet istiqamətlərindən biri kimi dəyərləndirilib.

Rəqəmsal idarəetmə, müasir dövrün tələblərinə cavab verən və texnologiyaların idarəetmə sahəsində tətbiqi ilə inkişaf edən bir sahədir. Bu, təşkilatların fəaliyyətlərini daha sürətli, effektiv və çevik şəkildə həyata keçirmələrini təmin edən bir yanaşmadır. Rəqəmsal

idarəetmə, həmçinin, məlumatların düzgün şəkildə toplanması, təhlil edilməsi və iş proseslərinin avtomatlaşdırılması ilə idarəetmə qərarlarının daha sürətli və doğru qəbul edilməsinə imkan yaradır.

Süni intellekt (Sİ), rəqəmsal idarəetmənin inkişafında həlledici rol oynayan texnologiyalardan biridir. Süni intellektin idarəetməyə integrasiyası, daha əvvəl mümkün olmayan imkanlar yaradır. Müəssisələr, Sİ-dən istifadə edərək yalnız böyük məlumat dəstələrini təhlil etmək deyil, həm də bu məlumatlardan əldə edilən nəticələrə əsaslanaraq daha ağıllı və sürətli qərarlar verə bilirlər. Süni intellekt, insan faktoru ilə müqayisədə daha sürətli və səhsiz nəticələr təqdim edə bildiyi üçün, müasir idarəetmə dünyasında mühüm bir yer tutur.

Bu məqalənin məqsədi, süni intellektin rəqəmsal idarəetmədə necə tətbiq olunduğunu araşdırmaq, onun faydalarını və qarşısına çıxan riskləri müzakirə etmək və bu texnologiyanın gələcəkdə idarəetmədə necə inkişaf edəcəyini proqnozlaşdırmaqdır. İlk növbədə, rəqəmsal idarəetmənin əsas elementlərini və bu sahənin necə inkişaf etdiyini nəzərdən keçirəcəyik.

Rəqəmsal idarəetmə, təşkilatların fəaliyyətlərinin ən effektiv şəkildə həyata keçirilməsi üçün texnologiyalardan istifadə edərək, iş proseslərini sürətləndirmək və optimallaşdırmaq məqsədini güdür. Rəqəmsal idarəetmənin əsas elementləri arasında rəqəmsal alətlər, platformalar və avtomatlaşdırılmış sistemlər mühüm rol oynayır. Bu elementlər təşkilatlara daha çevik, sürətli və məlumat əsaslı qərar qəbul etmə imkanını təqdim edir.

Rəqəmsal idarəetmə, təşkilatların iş proseslərini avtomatlaşdırmağı və optimallaşdırmağı hədəfləyən alətlərdən istifadə edir. Bu alətlər, həm daxili, həm də xarici məlumatların toplanması, təhlil edilməsi və idarə edilməsi üçün istifadə olunur. Məsələn, bulud texnologiyaları, təşkilatların məlumatlarını təhlükəsiz şəkildə saxlamalarına və istənilən yerdən onlara daxil olmalarına imkan verir. Ayrıca, müasir analitik platformalar, məlumatları sürətlə və effektiv şəkildə təhlil etməyə imkan tanıyır, beləliklə idarəetmə qərarlarının daha sürətli və məlumatlı şəkildə verilməsini təmin edir.

İdarəetmə sahəsində rəqəmsallaşma, ənənəvi idarəetmə metodlarının yerini daha sürətli, çevik və məlumat əsaslı proseslərə buraxmasıdır. Rəqəmsal idarəetmə, təşkilatların iş proseslərini daha sadə və effektiv hala gətirir, müstəqil və avtomatlaşdırılmış qərar dəstəyi sistemləri ilə idarəetmə proseslərini asanlaşdırır. Bu, təşkilatların resurslarını daha yaxşı idarə etmələrinə, iş gücünü optimallaşdırmalarına və nəticə olaraq məhsuldarlığı artırmalarına kömək edir.

Rəqəmsal idarəetmənin ən mühüm xüsusiyyətlərindən biri, avtomatlaşdırma sistemlərinin tətbiqidir. Avtomatlaşdırma, çox vaxt və resurs tələb edən gündəlik əməliyyatları avtomatikləşdirir və insan müdaxiləsini minimuma endirir. Bu, işçilərin daha strateji və yaradıcı işlərə fokuslanmasına imkan yaradır. Analitik alətlər isə böyük məlumat dəstələrini təhlil edərək, proqnozlaşdırıcı modellər yaratmağa kömək edir. Bu modellər əsasında təşkilatlar daha doğru qərarlar verə bilər və strateji yönlərini müəyyənləşdirə bilirlər.

Süni intellektin (Sİ) rəqəmsal idarəetməyə integrasiyası, təşkilatların fəaliyyətlərini daha da optimallaşdırmaq və rəqəbat üstünlüyü əldə etmək üçün yeni imkanlar yaradır. Sİ

texnologiyaları idarəetmə sahəsində inqilabi dəyişikliklərə səbəb olmuşdur və bir çox sektorda iş proseslərini köklü şəkildə dəyişdirmişdir.

Süni intellekt idarəetmənin müxtəlif sahələrində istifadə edilir. Marketing sahəsində Sİ, müştəri davranışlarını təhlil edərək fərdiləşdirilmiş reklam kampaniyaları yaradır. İnsan resurslarında isə süni intellekt, vakansiyalara uyğun namizədlərin seçilməsində və işə qəbul prosesinin sürətləndirilməsində istifadə edilir. Müştəri xidmətlərində chatbotlar və avtomatlaşdırılmış dəstək sistemləri müştərilərlə fasiləsiz ünsiyyət quraraq təşkilatların xidmət keyfiyyətini artırır.

Süni intellekt böyük həcmdə məlumatı təhlil edərək idarəetmə üçün önəmli qərarların verilməsinə kömək edir. Ənənəvi metodlarla günlərlə davam edən təhlil prosesləri, Sİ texnologiyaları sayəsində bir neçə dəqiqəyə tamamlanır. Süni intellekt məlumatlardan nümunələri aşkar edir, trendləri proqnozlaşdırır və idarəetmə komandalarına strateji qərarlar üçün əsaslı tövsiyələr təqdim edir. Beləliklə, təşkilatlar dəyişkən bazar şəraitinə daha tez reaksiya verə bilirlər.

Süni intellekt, idarəetmə sahəsində yeni imkanlar da yaratmışdır. Məsələn, "ağıllı idarəetmə sistemləri" prosesləri real vaxtda izləyərək problemləri əvvəlcədən aşkarlayıb həll edə bilir. Proses optimallaşdırması, resursların daha səmərəli istifadəsi və risklərin proqnozlaşdırılması kimi imkanlar sayəsində təşkilatlar daha stabil və davamlı inkişaf strategiyaları qura bilirlər.

Süni intellektin idarəetmədə tətbiqi təşkilatlara çoxsaylı üstünlüklər qazandırır. Lakin bu texnologiyanın istifadəsi müəyyən risklərlə də müşayiət olunur. Effektiv idarəetmə üçün həm bu faydaları, həm də potensial təhlükələri nəzərə almaq vacibdir.

Süni intellekt idarəetmə proseslərini daha səmərəli və sürətli edir. Ənənəvi üsullarla günlərlə davam edən təhlil və qərarvermə prosesləri, Sİ sistemləri sayəsində bir neçə dəqiqə və ya saniyə içində tamamlanır. Beləliklə, təşkilatlar bazar dəyişikliklərinə və daxili ehtiyaclara daha çevik cavab verə bilirlər. Bu da rəqəbat üstünlüyü əldə etməkdə mühüm rol oynayır.

Süni intellekt bir çox əməliyyatların avtomatlaşdırılmasına kömək etdiyi üçün təşkilatlar işçi qüvvəsindən və vaxt resursundan daha qənaətli istifadə edə bilirlər. Avtomatlaşdırılan proseslər insan səhvlərini minimuma endirir və əlavə xərclərin qarşısını alır. Bu da təşkilatların ümumi fəaliyyət xərclərini aşağı salır və səmərəliliyi artırır.

Süni intellektin idarəetmədə tətbiqi etik problemləri də gündəmə gətirir. Sİ sistemləri şəxsi məlumatların toplanması və istifadəsi zamanı məxfilik məsələlərini təhlükə altına sala bilər. Yanlış istifadə olunarsa, Sİ alqoritmləri ayrı-seçkilik, qərəz və şəffaflıq çatışmazlıqları yarada bilər. Bu səbəbdən təşkilatlar məlumatların qorunması və etik standartlara riayət olunması məsələsində diqqətli olmalıdırlar.

Süni intellekt bir çox iş növlərini avtomatlaşdırdığı üçün ənənəvi iş yerlərinin azalmasına səbəb ola bilər. Bəzi peşələr köhnəlir, digərləri isə yeni bacarıqlar tələb edir. Buna görə də təşkilatlar işçi heyətinin yenidən hazırlanması və adaptasiya olunması üçün tədbirlər görməlidirlər. İdarəetmədə uğurlu olmaq üçün insan və süni intellekt əməkdaşlığına diqqət yetirilməlidir.

Süni intellektin idarəetmə sahəsindəki rolu gələcəkdə daha da əhəmiyyətli olacaq. Texnologiyaların sürətli inkişafı və rəqəmsallaşmanın dərinləşməsi idarəetmənin formalaşmasında yeni dövrün başlanğıcını qoyur.

Süni intellektin müsbət tərəfləri çox olsa da, mənfi cəhətləri də mövcuddur. Süni intellektin zərərləri sırasında vətəndaşların şəxsi informasiyalarının təhrif olunması, konfidensiallığın pozulması və informasiyanın montajı, etik və hüquqi problemlər də var. Yəni süni intellektin köməyi ilə şəxsin videosunun üzərinə səs yazıla bilər. "Pishing" adlanan applikasiya süni intellektin ən təhlükəli tətbiqetmələrindən biridir. Vaşinqton Universitetindən olan proqramçılar saxta videoda istənilən sözü Barak Obamanın dilindən deyə biləcək süni alqoritm yaradıblar. "Siz ən kiçik pikselinə qədər həqiqi video və ya audioya bənzəyən saxta videolar yarada bilərsiniz." – deyərək Kembric Universitetinin nümayəndəsi Şahar Avin bildirib. "Deepfake" vasitəsilə də çoxlu saxta xəbərlər yaratmaq mümkündür. Bu fırıldaqın arxasında dayanan real şəxsin tapılmasına gəldikdə isə, bu şəxsləri müəyyən etmək üçün informasiya və kommunikasiyalar haqda dərin biliklərə sahib olmaq lazımdır. Artıq süni intellekt silahlı münaqişələrdə də fəal şəkildə istifadə olunur. Avstraliya, Böyük Britaniya və ABŞ-ın yaratdığı üçtərəfli müdafiə ittifaqı olan AUKUS Çinlə rəqabəti artırmaq üçün artıq avtonom silah sistemlərini sınaqdan keçirir. Süni intellekt silahlarından Liviya, Yəmən və Ukraynada istifadə edilib. İsrail Müdafiə Qüvvələri Qəzza zolağında HƏMAS-ın hədəflərinə zərbələr endirərkən hədəfləri seçmək üçün süni intellektdən istifadə edib. Süni intellektin istifadəsi üçün kifayət qədər çox sahə var. Məsələn, süni intellekt hərbiçilərin həyatını xilas edər, təhlükəli tapşırıqları yerinə yetirər, ərazini kəşf edər, partlayıcıları zərərsizləşdirər bilər.

Gələcəkdə süni intellekt təkcə mövcud idarəetmə proseslərini təkmilləşdirməklə kifayətlənməyəcək, həm də yeni idarəetmə modellərinin formalaşmasına səbəb olacaq. Ağıllı sistemlər öz qərarlarını daha müstəqil şəkildə verə biləcək, təşkilatların idarəetmə strukturlarında daha çox avtomatlaşdırılmış qərar dəstək sistemləri yer alacaq. Bu da idarəetmə proseslərini daha çevik və dinamik edəcək.

Süni intellektin inkişafı ilə birlikdə aşağıdakı yeni trendlər ön plana çıxır:

- **Ağıllı təşkilatlar:** Bütün iş proseslərini integrasiya edən və real vaxtda təhlil aparan müəssisələr artacaq.
- **Öz-özünü idarə edən sistemlər:** Minimal insan müdaxiləsi ilə idarə olunan proseslər genişlənəcək.
- **Etik və məsuliyyətli süni intellekt:** Məlumatların qorunması, ədalətli qərarvermə və etik standartlar daha da önə çıxacaq.
- **İnsan-Süni İntellekt əməkdaşlığı:** İnsan və maşınların bir-birini tamamlayan əməkdaşlıq modelləri inkişaf etdiriləcək.

Rəqəmsal idarəetmə gələcəkdə daha da integrasiya olunmuş, dinamik və proqnozlaşdırıcı olacaq. Təşkilatlar yalnız hadisələrə reaksiya verməklə kifayətlənməyəcək, süni intellekt vasitəsilə riskləri əvvəlcədən müəyyən edəcək və qabaqlayıcı tədbirlər görəcəklər. Bu isə idarəetməni daha proaktiv və strateji bir səviyyəyə daşıyacaq.

Nəticə

Rəqəmsal idarəetmə və süni intellekt müasir dövrün idarəetmə yanaşmalarını köklü şəkildə dəyişdirən iki əsas gücdür. Süni intellektin rəqəmsal idarəetməyə integrasiyası, təşkilatlara sürət, effektivlik və məlumat əsaslı qərarvermə imkanları təqdim edərək onların rəqabət qabiliyyətini artırır. İdarəetmə sahəsində süni intellektin tətbiqi yalnız əməliyyatların optimallaşdırılması ilə məhdudlaşmır, həm də strateji qərarların daha düzgün və vaxtında verilməsini təmin edir.

Bununla belə, süni intellektin istifadəsi etik, hüquqi və sosial məsuliyyət çərçivəsində həyata keçirilməlidir. Məlumat təhlükəsizliyi, şəffaflıq və insan hüquqlarının qorunması məsələləri hər zaman diqqətdə saxlanmalıdır. Gələcəkdə süni intellekt texnologiyalarının daha da inkişaf edəcəyi və idarəetmədə insan-maşın əməkdaşlığının daha ahəngdar bir formada təşkil olunacağı gözlənilir.

Ümumilikdə, süni intellektin rəqəmsal idarəetmədə rolu getdikcə artacaq və təşkilatlar bu texnologiyalardan düzgün istifadə etməklə daha çevik, ağıllı və dayanıqlı idarəetmə modelləri quracaqlar. Uğur, texnologiyayı yalnız tətbiq etməkdə deyil, həm də ona etik yanaşmaqda və insan amilini qorumaqda olacaqdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Xalq qəzeti . -2025.- 2 aprel (№ 62).- S.13.
2. Xalq qəzeti . -2025.- 16 fevral (№ 35).- S.8.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Натаван Джафарли

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЦИФРОВОМ УПРАВЛЕНИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ НА БУДУЩЕЕ

Цифровое управление — это инновационный подход, который помогает предприятиям и организациям организовать свою деятельность более эффективно и современно. Этот подход еще больше усиливается благодаря внедрению технологий искусственного интеллекта (ИИ). Применение искусственного интеллекта охватывает широкий спектр областей: от автоматизации процессов управления до анализа данных и принятия решений.

Одним из важнейших преимуществ искусственного интеллекта является то, что он обеспечивает более разумное и быстрое управление за счет анализа больших объемов данных. Например, с помощью SI цифровые платформы могут анализировать поведение клиентов и предоставлять персонализированный опыт, что повышает удовлетворенность клиентов. В то же время это позволяет управленческим группам быстро менять стратегии, предоставляя точную и своевременную информацию.

Автоматизация управления с помощью искусственного интеллекта помогает предприятиям эффективнее использовать свои ресурсы. Автоматизация любого процесса приводит к более оптимальному использованию рабочей силы и общему повышению производительности.

Однако применение искусственного интеллекта несет с собой и определенные риски. Например, на первый план выходят вопросы безопасности данных и этики. Однако при правильном применении искусственный интеллект дает бизнесу огромные преимущества в цифровом управлении, и в будущем развитие в этой области будет еще больше ускоряться.

Ключевые слова: цифровой, анализ, искусственный управление, интеллект

SUMMARY

Natavan Jafarli

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DIGITAL GOVERNANCE AND FUTURE PERSPECTIVES

Digital management is an innovative approach that helps businesses and organizations organize their activities in a more efficient and modern way. This approach is further strengthened by the application of artificial intelligence (AI) technologies. The application of AI covers a wide range of areas, from automation of management processes to data analysis and decision-making.

One of the main benefits of AI is that it enables management to be carried out more intelligently and quickly by analyzing large amounts of data. For example, through AI, digital platforms can analyze customer behavior and provide personalized experiences, which increases customer satisfaction. At the same time, it allows management teams to change strategies quickly by providing accurate and timely information.

The automation brought by artificial intelligence to management helps businesses use their resources more effectively. Automating any process leads to more optimal use of labor and overall improvement of performance.

However, the application of artificial intelligence also brings with it some risks. For example, data security and ethical issues come to the fore. However, when applied correctly, artificial intelligence provides businesses with great advantages in digital management, and development in this area will accelerate even further in the future.

Keywords: digital, analysis, artificial, management, intelligence,

AĞILLI DÜNYANIN QARANLIQ ÜZÜ: IOT CİHAZLARININ TƏHLÜKƏSİZLİK PROBLEMLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17419660>

Nuray RZAYEVA

nurayrzayeva@ndu.edu.az

Naxçıvan dövlət universiteti, naxçıvan
şəhər, azərbaycan

Ayişə ƏHMƏDOVA

ayishaahmadova@ndu.edu.az

Naxçıvan dövlət universiteti, naxçıvan
şəhər, azərbaycan

XÜLASƏ

Məqalədə internet of things (iot) texnologiyasının sürətlə yayılması və bu yayılmanın yaratdığı təhlükələr müzakirə olunur. Statistika görə, 2024-cü ildə hər bir insanın ətrafında orta hesabla 9 aktiv iot cihazı mövcuddur və hər 39 saniyədə bir bu cihazlar xaker hücumlarına məruz qalır. Məqalədə smart televizorlar, tibbi implantlar və uşaq monitorlarının necə izlənmə vasitəsinə çevrildiyi faktlarla izah olunur. Iot texnologiyası tibbdən kənd təsərrüfatına, şəhər infrastrukturundan nəqliyyata qədər bir çox sahədə inqilabi dəyişikliklər yaratsa da, təhlükəsizlik zəiflikləri ciddi nəticələrə səbəb olur.

2016-cı ildəki ddos hücumu, 2020-ci ildə pandemiya dövründəki artan kiberhücumlar və aı-nin xakerlər tərəfindən istismarı bu texnologiyanın nə qədər riskli ola biləcəyini sübut edir. Xüsusilə kvant kompüterlərinin inkişafı mövcud şifrləmənin sındırılması ehtimalını artırır. Müəllif, bu texnologiyanın faydalarını qoruyarkən təhlükələrinə qarşı kollektiv mübarizə aparmanın vacibliyini vurğulayır. Təhlükəsizlik üçün güclü parollardan istifadə, cihazların güncəllənməsi və şəbəkələrin ayırd edilməsi kimi praktik tövsiyələr verilir. Nəticə olaraq, iot texnologiyasının idarəsi fərdi və ictimai məsuliyyət kimi təqdim olunur.

Açar sözlər: iot (internet of things), kibertəhlükəsizlik, xaker hücumları, aı və avtomatlaşdırılmış hücumlar, ddos hücumu

Siz heç düşünmüsünüz ki, bu anda evinizdə hansı cihazlar sizi izləyir? Statistikalər göstərir ki, 2024-cü ildə orta hesabla hər bir insanın ətrafında 9 iot cihazı aktiv şəkildə işləyir. Lakin bu rəqəmin arxasında gizlənən qorxunc həqiqət budur ki, hər 39 saniyədə bir iot cihazı xakerlər tərəfindən hədəf götürülür.

Təsəvvür edin ki, smart televizorunuz sizin məxfi söhbətlərinizi qeyd edir, uşaq otağınızda monitor kamerası yad adamlar tərəfindən canlı yayımlanır, hətta ürəyinizin ritmini tənzimləyən tibbi cihaz kibercinayətkarın əlinə keçir. Bu, elm fantastikası deyil – 2023-cü ildə ABŞ-da 300.000-dən çox tibbi implant cihazı təcili təhlükəsizlik yeniləməsi almalı oldu, çünki onları uzaqdan idarə etmək və hətta ölümcül nəticələr yarada biləcək şəkildə manipulyasiya etmək mümkün idi.

Niyə bu mövzunu dərinlən öyrənməliyik? Çünki iot- un lazımlı tərəfləri qədər təhlükəli tərəfləri də var. Iot təhlükəsizliyi artıq yalnız texniki məsələ deyil – bu, bizim şəxsi məxfilik hüququmuzun, uşaqlarımızın təhlükəsizliyinin və milli infrastrukturumuzun davamlılığının qorunmasıdır. Hər bir yeni qoşulan smart cihaz potensial olaraq həyatımızı asanlaşdırmaq əvəzinə, bizim üçün görünməz təhlükəyə çevrilə bilər.

Iot (internet of things) — gündəlik istifadə etdiyimiz fiziki cihazların internetə qoşularaq bir-biri ilə əlaqə qurması və məlumat mübadiləsi etməsidir. Bu, kompüter və telefonlardan daha çox, hər şeyin “ağıllı” hala gəlməsi deməkdir.

Iot (internet of things) – bu termin ilk dəfə 1999-cu ildə kevin ashton tərəfindən işlənib, lakin onun kökləri 1960-cı illərə qədər uzanır. Karnegi mellon universitetindəki alimlər ilk internetə qoşulan cihazı – pəhrizli kola avtomatını yaratdıqları zaman heç kəs təxmin edə bilməzdi ki, 70 il sonra ürəyimizin də “onlayn” olacağını! (madhusanka liyanage, an braeken, pardeep kumar, mika ylianttila, 2020, s. 58)

Iot insanlığa nə verdi?

Tibbdə devrim:

Smart implantlar: pacemakerlar artıq həkimə real vaxt rejimində məlumat göndərir.

- **Covid-19 dövründə iot:** ağıllı saatlar təkan və oksigen səviyyəsini ölçərək xəstəliyi erkən aşkar edirdi.

kənd təsərrüfatında dəqiq texnologiya:

- **Sensorlu suvarma:** israil su israfını 50% azaldıb və səhraları yaşıllıq cənnətinə çevirib.

- **İqlimə uyğun becərilmə:** hollanda iot ilə 1 hektardan 100 ton pomidor yığır.

Smart şəhərlər:

- **Barselona:** küçə işıqları havanın keyfiyyətini ölçür və tullantı idarəetməsi 25% effektivləşib.

- **Sinqapur:** avtobuslar sıxlıq sensorları ilə təchiz olunub – heç vaxt dolu avtobusla qarşılaşmazsınız!

Nəqliyyatda təhlükəsizlik:

- **Özügedən avtomobillər:** teslanın avtopilotu 90% qəza riskini azaldır.

- **smart parkinqlər:** boş yer axtararkən ömrümüzün 1 ilini itirməyəcəyik!

Iot təhlükəsizliyinin kökləri: keçmişdən bugünə virtual hücumlar

2016-cı il oktyabrın 21-də bütün dünya qarşısında alınmamış bir kiberhücum şahidi oldu. Twitter, netflix, reddit kimi qlobal platformalar birdən-birə çökməyə başladı. Araşdırmalar göstərdi ki, bu, tarixdə ən böyük ddos hücumlarından biri idi və hücumun qurbanı yüz minlərlə smart kamera və router oldu.

Bu hadisədə:

- 600 gbit/s gücündə rekord həcmli ddos hücumu həyata keçirildi;

- İstehsalçılar tərəfindən qoyulmuş “admin/12345” kimi standart parollar istifadə edən cihazlar hədəf alındı;

- Nəticədə 1.2 milyard dollarlıq zərər əmələ gəldi. (lee, ı. (ed.), 2015, s.42)

Bu hadisə bizə aydın şəkildə göstərdi ki, əgər cihazınızın standart parolunu dəyişməmişsinizsə, o artıq sizin deyil – o, xakerlərin şəbəkəsinin bir hissəsidir.

Maraqlısı budur ki, bu cihazların hakimləri heç bir şeydən şübhələnmirdilər – onlar sadəcə smart kameralarının normal işlədiyini düşünürdülər.

2020: covid pandemiyası və iot təhlükələrinin partlayışı

Covid-19 pandemiyası bütün dünyada evdə iş modelinin yayılmasına səbəb olduğu kimi, iot təhlükəsizliyi sahəsində də bənzərsiz problemlər yaratdı:

- Zoom platformasında aşkar edilən təhlükəsizlik açıqları nəticəsində 40.000-dən çox şəxsi

video görüş sızdırıldı;

- Smart ev cihazlarına edilən hücumlar 300% artaraq rekord səviyyəyə çatdı (xüsusilə uşaq monitor kameraları hədəf alındı);
- Pandemiyanın pik dövründə ventilyatorlar və temperatur ölçən sensorlar kimi tibbi IoT cihazları ransomware hücumlarına məruz qaldı.

Xüsusilə vurğulamaq lazımdır ki, 2021-ci ildə almaniyada baş vermiş bir hadisə bütün dünyanı şoka saldı. Bir xəstəxananın serverləri ransomware hücumuna məruz qalaraq şifrələndi və nəticədə xəstə qəbulu dayandırıldı. Ən qorxuncu isə odur ki, bu hadisə pandemiya dövründə baş verdi, yəni xəstələr ikiqat təhlükə altında qaldılar. (madhusanka liyanage, an braeken, pardeep kumar, mika ylianttila, 2020, s. 215)

2024-cü ilə aid ən böyük 3 IoT təhlükəsi - "AI + IoT = avtomatlaşdırılmış xakerlər"

2023-cü ildə chatgpt kimi AI alətlərinin yayılması xakerlər üçün yeni imkanlar yaratdı.

İndiki dövrdə:

- Təcrübəsiz hackerlar belə IoT cihazları üçün exploit kodunu 5 dəqiqə ərzində yazı bilirlər;
- Bir tədqiqatçı, chatgpt vasitəsilə smart lampanı zombi şəbəkəyə qoşmağı bacardı;
- AI sistemləri avtomatik olaraq IoT cihazlarında yeni zəifliklər aşkar edir.

Bu o deməkdir ki, gələcəkdə IoT cihazlarına hücumlar daha çox avtomatlaşacaq və daha çətin aşkar ediləcək. (weber, R. H, 2010, s. 30).

"smart şəhərlər = hackerlar üçün yeni cənnət"

Dubai, singapur kimi şəhərlərdə yayılan smart şəhər infrastrukturunu yeni növ təhlükələr yaradır:

- Trafik işıqlarının hacklənməsi nəticəsində qəzalar təşkil edilə bilər;
- Elektrik şəbəkələrinə edilən hücumlar (ukrayna nümunəsində olduğu kimi) bütün şəhəri qaranlıqda qoya bilər;
- Su təchizatı sistemlərinə edilən hücumlar ictimai sağlamlıq üçün təhlükə yarada bilər.

"kvant hesablama: IoT şifrələməsinin sonu?"

Kvant kompüterlərinin yaxın gələcəkdə praktikada tətbiqi IoT təhlükəsizliyi üçün ciddi təhdid yaradır:

- Rsa kimi müasir şifrələmə alqoritmləri saniyələr ərzində qırıla bilər;
- Bütün IoT cihazlarının təhlükəsizlik infrastrukturunu köhnəlmiş hesab ediləcək;
- Kvant hücumları nəticəsində milyonlarla cihazın idarəsi xakerlərin əlinə keçə bilər. (greenberg, A., 2019, s.77).

Kitablardan ən maraqlı açıqlamalar

"this is how they tell me the world ends" – nicole perloff

- Əsas ideya: "hər bir IoT cihazı potensial silaha çevrilə bilər."
- Çarpıcı fakt: ABŞ hökuməti 2010-cu illərdə Rusiyanın elektrik sayğaclarına yerləşdirdiyi backdoor-ları aşkar etdi.

"the art of invisibility" – kevin mitnick

- Praktiki tövsiyə: "smart televizorunuzun mikrofonunu sökün – ya da heç olmasa izləmə modemini söndürün."

- Qorxulu hekayə: bir hacker, uşaq monitor kamerasından ailənin evindəki söhbətləri 6 ay dinləmişdi.

“sandworm” – andy greenberg

- Real hadisə: rusiya hackerları ukraynanın elektrik şəbəkəsini bir kliklə söndürdülər.

“ölümə yaxın 10t qəzaları”

- **2015:** jeep cherokee hack edilib təhlükəli şəkildə dayandırıldı. (sürücü magistralda idi!).
- **2020:** tesla-nın avtopilotu yanlış proqramlanaraq əks zolağa keçdi.
- **2023:** ağıllı oyuncaq “my friend caya” uşaqlardan məlumat toplayıb. (almaniyada qadağan edildi.)

Gələcək üçün 5 qayda: “öz smart cihazlarımızın hökmünü biz deyil, xakerlər surətində yaşamaq istəmiriksə...”

1. Parol = kimlik kartı

-admin/12345 kimi parollardan imtina edin.

-passphrase istifadə edin: “bakı202410t!” Yox, “kölgədəüzənbalıq#42” kimi.

2. Şəbəkənizi ayırın

-10t cihazları üçün ayrı wi-fi istifadə edin.

-misal: “ev_şəbəkəsi” və “10t_qurğuları”.

3. Güncəlləmələr = həyat xətti

- hər həftə cihaz istehsalçısının saytını yoxlayın.

4. Vpn və firewall – smart evinizin qoruma qalxanları

-nordvpn ya da protonvpn kimi etibarlı provayderlər seçin.

10t texnologiyası artıq həyatımızın ayrılmaz hissəsidir və bu proses geri dönməzdir. Lakin burada əsas sual budur: biz bu texnologiyanın quluna çevriləcəyik, yoxsa onun ağıllı istifadəçisi olacağıq?

2026- cı ilə qədər dünyada 75 milyard 10t cihazının olacağı proqnozlaşdırılır. Bu Cihazlardan hansının bizə xidmət edəcəyi, hansının bizə xəyanət edəcəyi isə bu gün qəbul etdiyimiz qərarlardan asılıdır. Unutmayın ki, təhlükəsizlik yalnız mütəxəssislərin deyil, hər bir istifadəçinin məsuliyyətidir.

Gəlin smart dünyanın qaranlıq üzünə qarşı birlikdə mübarizə aparaq!

ƏDƏBİYYAT

1. Madhusanka liyanage, an braeken, pardeep kumar, mika ylianttila (2020) “10t security advances in authentication”
2. Weber, r. H. (2010). “internet of things – new security and privacy challenges. Springer.”
3. Lee, ı. (ed.) (2015). “the internet of things in the modern business environment. Igi global.”
4. Greenberg, a. (2019). “sandworm: a new era of cyberwar and the hunt for the kremlin’s most dangerous hackers. Doubleday.”

ABSTRACT

Nuray Rzayeva
Aysha Ahmadova

THE DARK SIDE OF THE SMART WORLD: SECURITY ISSUES OF IOT DEVICES

the article discusses the rapid expansion of internet of things (iot) technology and the associated security risks. According to statistics, in 2024, each individual is surrounded by an average of nine active iot devices, and every 39 seconds, one of these devices becomes the target of a hacker attack. The article provides factual examples of how smart televisions, medical implants, and baby monitors can be exploited for surveillance purposes. While iot has revolutionized sectors ranging from healthcare and agriculture to urban infrastructure and transportation, its security vulnerabilities may lead to serious consequences.

the ddos attack in 2016, the surge of cyber threats during the covid-19 pandemic in 2020, and the exploitation of ai tools by hackers demonstrate the increasing risks posed by iot systems. The emergence of quantum computing further threatens current encryption standards, increasing the potential for compromise. The author emphasizes the need for collective action to safeguard against these threats while preserving the benefits of iot technologies. Practical recommendations include the use of strong passwords, regular device updates, and network segmentation. Ultimately, the article frames iot security as both an individual and societal responsibility.

Keywords: *internet of things (iot), cybersecurity, hacker attacks, ai and automated threats, ddos attack*

АННОТАЦИЯ

Нурай Рзаева
Айша Ахмедова

ТЕМНАЯ СТОРОНА УМНОГО МИРА: ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ УСТРОЙСТВ IOT

в статье рассматривается стремительное распространение технологии интернета вещей (iot) и связанные с этим угрозы безопасности. Согласно статистике, в 2024 году каждого человека окружает в среднем девять активных iot-устройств, и каждые 39 секунд одно из них подвергается хакерской атаке. На основе фактических примеров демонстрируется, как такие устройства, как «умные» телевизоры, медицинские импланты и детские мониторы, могут использоваться для слежки. Несмотря на революционные изменения, которые iot приносит в медицину, сельское хозяйство, городскую инфраструктуру и транспорт, уязвимости в безопасности могут привести к серьёзным последствиям.

атака ddos в 2016 году, рост киберугроз во время пандемии covid-19 в 2020 году, а также использование хакерами инструментов искусственного интеллекта иллюстрируют растущие риски, связанные с iot. Развитие квантовых вычислений увеличивает вероятность взлома современных алгоритмов шифрования. Автор подчёркивает необходимость коллективной борьбы с угрозами при сохранении преимуществ iot-технологий. В статье

представлены практические рекомендации, такие как использование надёжных паролей, регулярное обновление устройств и сегментация сетей. В итоге безопасность в сфере iot рассматривается как индивидуальная и общественная ответственность.

Ключевые слова: интернет вещей (iot), кибербезопасность, хакерские атаки, искусственный интеллект и автоматизированные угрозы, атака ddos

2016: mirai botnet – “smart soyuducunuzun sizə qarşı çıxması”

GÖMRÜK PROSESİNDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ: EFFEKTİVLİK, TƏHLÜKƏSİZLİK VƏ GƏLƏCƏK PERSPEKTİVLƏR

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17429859>

Pəri MƏMMƏDLİ

perimemmedli14@gmail.com

Asif QANBAYEV

asif.qanbayev@ascca.edu.az

Dövlət gömrük komitəsinin akademiyası

Bakı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Süni intellekt (SI) və avtomatlaşdırma, müasir iş mühitində mühüm inkişaflardan biridir. Bu texnologiyalar yalnız avadanlıqların işləməsini deyil, həm də insan əməyinin dəstəklənməsini təmin edir. Avtomatlaşdırma və SI, monoton və təkrarlanan tapşırıqların avtomatik şəkildə yerinə yetirilməsini təmin edir, bu da işçilərin daha yaradıcı və strateji işlərlə məşğul olmasına imkan yaradır. Beləliklə, işçi qüvvəsinin məhsuldarlığı artır, çünki zaman və enerji tələb edən adi tapşırıqlarla məşğul olmaq yerinə, işçilər daha mürəkkəb və yüksək dəyərli məsələlər üzərində fokuslana bilirlər.

Süni intellekt həmçinin işçilərə daha doğru və sürətli qərar qəbul etməkdə dəstək verir. Məlumatların təhlili və analizində istifadə edilən SI alətləri, geniş məlumat dəstlərini sürətlə analiz edərək işçilərə naxışları və meylləri görməyə kömək edir. Bu, xüsusilə təhlükəsizlik sahəsində faydalıdır, çünki SI şübhəli əməliyyatları və riskli vəziyyətləri tez bir zamanda aşkar edə bilər. Bu texnologiyalar həmçinin təlim və təhsil sahəsində də işçilərin bilik və bacarıqlarını inkişaf etdirmək üçün istifadə edilə bilər.

Nəticə etibarilə, süni intellektin və avtomatlaşdırmanın insan əməyini dəstəkləyən və inkişaf etdirən böyük potensiala malik olduğu vurğulanmalıdır. Bu texnologiyalar yalnız məhsuldarlığı artırmaqla qalmır, həm də təhlükəsizliyi və iş məmnuniyyətini artırır.

Açar sözlər: Azərbaycan dili : Süni intellekt (SI), Avtomatlaşdırma ,insan əməyinin dəstəklənməsi , Məhsuldarlıq , Təhlükəsizlik.

GİRİŞ

ərinin ümumi strukturu və çətinliklər:

Gömrük prosesləri beynəlxalq ticarətin qanuni və təhlükəsiz şəkildə həyata keçirilməsini təmin edən əsas mexanizmdir və bu proseslər müəyyən struktur mərhələlər üzrə qurulub. Struktura əsasən, ilk mərhələdə malların bəyanı (deklarasiyası) aparılır, ardınca sənədlərin uyğunluğu yoxlanılır, fiziki yoxlamalar həyata keçirilir və nəhayət gömrük rüsumları hesablanaraq ödənilir. Bu mərhələlər gömrük orqanları ilə iqtisadi operatorlar arasında qarşılıqlı əlaqəyə əsaslanır və onların rəqəmsal sistemlərlə dəstəklənməsi prosesi sürətləndirir və şəffaflığı artırır. Lakin texnologiyanın tətbiqində yaranan çətinliklər prosesin effektivliyini əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər. Bir çox ölkədə köhnəlmiş və bir-biri ilə inteqrasiya olunmayan gömrük informasiya sistemləri məlumat axınında ləngimələrə səbəb olur. Rəqəmsal bacarıqlara malik kadr çatışmazlığı və

sistemlərin yenilənməsi üçün maliyyə resurslarının məhdudluğu bu texnoloji dönüşü çətinləşdirir. Bundan əlavə, bəzi ölkələrdə internet infrastrukturu qeyri-kafi olduğu üçün vahid pəncərə sistemləri və elektron deklarasiya kimi alətlər tam potensialla istifadə oluna bilmir. Süni intellekt, maşın öyrənməsi və blokçeyn kimi texnologiyaların gömrük nəzarətində istifadəsi hələ ilkin mərhələdədir və hüquqi uyğunluq, məlumat təhlükəsizliyi və texniki bacarıqlar bu texnologiyaların geniş tətbiqinə maneə yaradır. Bu səbəbdən, gömrük proseslərinin rəqəmsallaşdırılması yalnız texniki deyil, həm də institusional və hüquqi transformasiyanı tələb edir və bu sahədə beynəlxalq əməkdaşlıq və təcrübə mübadiləsi xüsusilə vacibdir.

ƏSAS:

Süni İntellektin Gömrük Əməliyyatlarında Avtomatlaşdırma, Məlumat Analizi və Sənəd Yoxlamasına Təsiri:

Süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının gömrük proseslərinə integrasiyası əməliyyatların sürətləndirilməsi və daha effektiv şəkildə həyata keçirilməsi baxımından böyük əhəmiyyət kəsb edir. Məsələn, Çin və Hong Kong arasında yol yük daşımalarının gömrük bəyannamələrinin hazırlanması zamanı Sİ-nin tətbiqi sənədlərin avtomatik tanınması (OCR), məzmunun çıxarılması və ağıllı təsnifat alqoritmləri ilə sənədləşmə müddətini ciddi şəkildə qısaldır və insan səhvlərini azaldır (Han & Wang, 2023). Digər tərəfdən, gömrük pozuntularını aşkar etmək üçün maşın öyrənməsi modellərindən istifadə edən kompüter dəstəkli sistemlər məlumatların real vaxtda integrasiyası, təhlili və vizualizasiyasını təmin edərək saxtakarlıq hallarının aşkarlanmasını asanlaşdırır. Süni intellekt eyni zamanda sənədlərin tərcüməsi və yoxlanılmasında, malların avtomatik təsnifatında və vizual yoxlamalarda istifadə edilərək ümumi prosesin çevikliyini və etibarlılığını artırır. Əlavə olaraq, Sİ əsaslı semantik analiz alətləri qeyri-strukturlaşdırılmış məlumatlardan faydalı informasiya çıxarmağa və bu yolla avtomatlaşdırılmış qərarvermə sistemlərinin qurulmasına imkan verir. Bütün bu texnologiyalar sənəd axını və məlumatın idarə olunmasını avtomatlaşdıraraq gömrük idarələrinin yükünü azaldır və həm hüquqi uyğunluq, həm də təhlükəsizlik baxımından əhəmiyyətli üstünlüklər yaradır.

Gömrükdə Süni İntellektin Təhlükəsizlik Tədbirlərinin Gücləndirilməsində İstifadəsi:

Süni intellektin (Sİ) gömrük təhlükəsizliyinin gücləndirilməsində rolu, həm şübhəli malların aşkarlanması, həm də kəşfiyyat məlumatlarının təhlili baxımından getdikcə daha əhəmiyyətli hala gəlir. Müasir gömrük nəzarət sistemləri Sİ texnologiyalarından istifadə edərək avtomatik yoxlama məntəqələrində sensor və görüntü analiz sistemləri ilə birləşdirilmiş şəkildə mallar və nəqliyyat vasitələri barədə real vaxtda məlumat toplayır, bu isə riskli halların daha tez aşkar edilməsinə imkan yaradır. Xüsusilə Çin kimi ölkələrdə "intellektual gömrük yoxlaması" (ICI) modeli tətbiq olunur ki, burada maşın öyrənməsi və kompüter görmə texnologiyaları sayəsində qeyri-qanuni malların və təhlükəli yüklərin keçidi avtomatik olaraq izlənir və analiz edilir. Bundan əlavə, "human-in-the-loop" yanaşması çərçivəsində Sİ sistemləri əvvəlki yoxlamaların nəticələrinə əsaslanaraq hansı malların yoxlanılmalı olduğunu gömrük əməkdaşlarına tövsiyə edir və eyni zamanda yeni

məlumatlarla özünü yeniləyərək uyğunlaşma qabiliyyətini artırır. Eyni zamanda, Sİ texnologiyaları kəşfiyyat məlumatlarının analizində də istifadə olunur – burada müxtəlif mənbələrdən gələn qeyri-strukturlaşdırılmış məlumatlar semantik analiz vasitəsilə təhlil olunur və potensial təhlükəli ticarət əməliyyatları əvvəlcədən müəyyən edilir. Beləliklə, Sİ yalnız təhlükənin identifikasiyasını deyil, həm də qarşısının alınmasını təmin edən proqnozlaşdırıcı funksiyalarla gömrük təhlükəsizliyində mühüm rol oynayır.

Gömrükdə Süni İntellektlə Rəqəmsal Nəzarət və Tərs Mühəndislik Texnologiyalarının Tətbiqi:

Süni intellektin (Sİ) gömrükdə tətbiqi təkcə sənəd yoxlaması və risk qiymətləndirmə ilə məhdudlaşmır, həm də rəqəmsal nəzarət sistemləri və tərs mühəndislik texnologiyalarının istifadəsi ilə təhlükəsizlik və innovasiyanı gücləndirir. Rəqəmsal nəzarət sahəsində Sİ, gömrük sərəhədlərində “intellektual yoxlama məntəqələri” yaradaraq, sensorlar və görüntü tanıma texnologiyaları ilə şübhəli fəaliyyətləri real vaxtda aşkarlayır və avtomatlaşdırılmış qərar qəbuletməyə imkan verir. Eyni zamanda “Customer Declarant Map” kimi rəqəmsal iz qrafikləri ilə malların və bəyanatçıların hərəkətləri izlənilir və potensial risklər proqnozlaşdırılır. Digər tərəfdən, tərs mühəndislik (reverse engineering) texnologiyaları Sİ vasitəsilə daha da inkişaf etdirilərək, malların və texnoloji məhsulların iç strukturlarını analiz etməyə və sənaye casusluğuna qarşı qabaqlayıcı tədbirlər görməyə imkan yaradır. Bu texnologiyalar vasitəsilə Sİ həm də digər Sİ sistemlərini analiz edərək onların funksiyalarını öyrənə və bu məlumatı yeni nəzarət mexanizmlərinin qurulmasında istifadə edə bilər. Beləliklə, bu texnologiyalar gömrükdə daha çevik, qabaqlayıcı və şəffaf nəzarət sistemlərinin qurulmasına zəmin yaradır və transmilli risklərə qarşı yüksək səviyyəli cavab vermə imkanları təqdim edir.

Gömrük proseslərinin səmərəliliyini artırmaq məqsədilə tərəfimdən irəli sürülən texnoloji yanaşma aşağıdakı kimidir:

Gömrük proseslərində sərəhəd-keçid məntəqələrində yüklərin yoxlanılması zamanı yaranan vaxt itkisini minimuma endirmək əsas prioritetlərimizdən biridir. Bu problemin effektiv həll yollarından biri kimi, platforma əsaslı yoxlama üsullarını əvəz etməyə yönəlmiş bir dron layihəsi tərəfimdən hazırlanmışdır. Təklif etdiyim bu texnoloji həll nəticəsində tırların uzun növbələrdə gözləməsinin qarşısı alınacaq, həmçinin malların yoxlanma prosesi daha operativ və çevik şəkildə həyata keçiriləcəkdir. Hazırda mövcud platformalarda bir tırın yoxlanması üçün üç gömrük əməkdaşı cəlb olunduğu halda, təklif etdiyim dron texnologiyası vasitəsilə eyni zamanda üç tırın yoxlanılması mümkün olacaq ki, bu da əməliyyatların sürətini əhəmiyyətli dərəcədə artıracaq. Bununla belə, əsas prioritet yenə də süni intellektin tətbiqidir. Çünki dron vasitəsilə həyata keçirilən yoxlamaların effektivliyi və qeyri-qanuni malların aşkar olunması birbaşa olaraq süni intellekt əsasında işləyən tanıma və xəbərdarlıq sistemlərindən asılı olacaqdır. Bu səbəbdən, təhlükəli və qanunsuz yüklərin aşkarlanması üzrə proqram təminatı xüsusi alqoritmlərlə təchiz olunmalı, risk əsaslı qərar qəbuletmə modelləri ilə birgə işləməlidir.

Gömrükdə Süni İntellektin Gələcək İnkişaf Yönümləri: Təkmilləşmiş Alqoritmlər və İnteqrasiya Sistemləri Perspektivində

Süni intellektin (Sİ) gömrük sahəsindəki gələcəyi təkcə avtomatlaşdırma və sürət artımı ilə məhdudlaşmır, həm də daha ağıllı, çevik və inteqrasiya olunmuş idarəetmə sistemləri qurmaqla gömrük nəzarətinin transformasiyasına zəmin yaradır. Gələcək inkişaf

istiqamətləri əsasən təkmilləşmiş alqoritmlərin tətbiqi ilə bağlıdır – məsələn, çoxlaylı neyron şəbəkələri və dərin öyrənmə modelləri sənəd yoxlaması, risk profillərinin analizi və saxtakarlığın aşkarlanması kimi funksiyalarda daha yüksək dəqiqlik təmin edəcəkdir (Chen, 2024). Bu alqoritmlər həm strukturlaşdırılmış, həm də qeyri-strukturlaşdırılmış məlumatları emal edə bildikləri üçün müxtəlif mənbələrdən – məsələn, ticarət sənədləri, videomüşahidə görüntüləri və kəşfiyyat məlumatlarından – analiz apararaq gömrük proseslərinə çoxölçülü baxış qazandırır. Bununla yanaşı, süni intellektin blokçeyn və vahid platforma sistemləri ilə integrasiyası gömrük məlumatlarının real vaxtda paylaşımına, yoxlama proseslərinin koordinasiyasına və beynəlxalq standartların tətbiqinə şərait yaradır (Razumei et al., 2024). Əlavə olaraq, izah edilə bilən süni intellekt (explainable AI) modelləri gömrük qərarlarının şəffaflığını artıracaq və hüquqi məsuliyyət bölgüsünü asanlaşdıracaq. Bu irəliləyişlər süni intellekti yalnız alət olaraq deyil, həm də gömrük idarələrinin strateji tərəfdaşı kimi mövqeləndirəcək və gələcəkdə daha təhlükəsiz, sürətli və etibarlı ticarət mühitinin formalaşmasına töhfə verəcək.

Süni İntellektin İnsan Əməyini Dəstəkləməsi və Təkmilləşdirilməsi:

Süni intellekt (SI) yalnız avadanlıqların avtomatlaşdırılmasında deyil, həm də insan əməyinin dəstəklənməsində mühüm rol oynaya bilər. SI-nin insanların işlərini necə dəstəkləyə biləcəyi müxtəlif sahələrdə əhəmiyyətli təsirə malikdir. Əvvəlcə, monoton və təkrarlanan tapşırıqların avtomatlaşdırılması ilə işçilərin yükü azaldılır. Məsələn, sənəd yoxlaması, məlumatların emalı və qeyri-strukturlaşdırılmış məlumatların təhlili kimi işlər SI tərəfindən idarə oluna bilər. Bu halda, işçilər daha yaradıcı və strateji qərar verməyə yönələn mürəkkəb tapşırıqlara fokuslana bilərlər.

Süni intellekt həmçinin işçilərə qərar verməkdə dəstək verə bilər. Mürəkkəb vəziyyətlərdə SI, məsələn, riskli malların müəyyənəşdirilməsi kimi tapşırıqlarda işçilərə əlavə məlumat və analiz təqdim etməklə daha düzgün və sürətli qərarların alınmasına kömək edir. Bu, həmçinin məlumatın təhlili və vizualizasiyası sahəsində də faydalıdır, çünki SI böyük məlumat dəstlərini sürətli şəkildə analiz edərək naxışları və şablonları aşkar etməyə kömək edir. Nəticədə, işçilər daha düzgün və məlumatlı qərarlar verə bilərlər.

Bundan əlavə, SI insan resurslarını daha yüksək səviyyəli tapşırıqlara yönəldir. Avtomatlaşdırma vasitəsilə təkrarlanan tapşırıqların aradan qaldırılması işçiləri daha strateji və yüksək dəyərli tapşırıqlara cəlb edir. Bu yanaşma, iş gücünün ümumi məhsuldarlığını artırır və işçilərin daha çətin və yaradıcı işlərlə məşğul olmasına şərait yaradır.

Süni intellekt, təhlükəsizlik prosedurlarını avtomatlaşdırmaqla insanları müxtəlif risklərdən qorumağa kömək edir. Məsələn, SI şübhəli əməliyyatları və riskli vəziyyətləri daha sürətli aşkar edə bilər ki, bu da təhlükəsizlik sahəsində daha etibarlı nəticələr əldə etməyə kömək edir. Bu texnologiyalar həmçinin təlim və təhsil proseslərini də dəstəkləyir, çünki SI əsaslı təlim vasitələri işçilərin yeni texnologiyalar və metodologiyalar haqqında biliklərini artırmağa imkan verir.

Süni intellektin insan əməyini dəstəkləyən bir başqa aspekti isə hibrid qərar qəbul etmədir. Bu yanaşmada SI, insanın təcrübə və məntiqi ilə birləşərək daha sürətli və doğru qərarların alınmasına kömək edir. İnsan və SI arasında əməkdaşlıq, gömrük və digər sahələrdə qərarvermə proseslərini daha effektiv edir.

Ümumilikdə, süni intellektin insan əməyini dəstəkləməsi yalnız texnoloji inkişaf ilə məhdudlaşmır. Bu texnologiyalar işçilərə daha məhsuldar, təhlükəsiz və yaradıcı şəkildə işləməyə imkan verir, həmçinin iş məmnuniyyətini artırır və daha yüksək səviyyəli tapşırıqlara yönəlməyi təmin edir.

NƏTİCƏ:

Süni intellekt (SI) yalnız avadanlıqların avtomatlaşdırılmasında deyil, həm də insan əməyini dəstəkləməkdə böyük potensiala malikdir. SI-nin tətbiqi, monoton və təkrarlanan işləri avtomatlaşdıraraq işçilərin yükünü azaldır, onları daha mürəkkəb və yaradıcı tapşırıqlara yönəldir. Bu, iş gücünün məhsuldarlığını artırır və işçilərin daha yüksək səviyyəli və strateji qərarlar qəbul etməsinə imkan verir.

SI, həmçinin işçilərə daha düzgün və sürətli qərar qəbul etmək üçün məlumatların analizində dəstək verir. Mürəkkəb və yüksək riskli vəziyyətlərdə SI, işçilərə əlavə məlumat və təhlil təqdim edərək qərarların keyfiyyətini yüksəldir. Eyni zamanda, bu texnologiyalar təhlükəsizlik, təlim və təhsil sahələrində də tətbiq edilərək insanları risklərdən qorumağa və yeni biliklər əldə etməyə kömək edir.

Ümumilikdə, süni intellektin insan əməyini dəstəkləməsi yalnız texnoloji inkişaf ilə məhdudlaşmır, həm də işçilərin daha məmnun, yaradıcı və məhsuldar olmasına şərait yaradır. Bu yanaşma iş yerində daha yüksək keyfiyyətli və effektiv nəticələrin əldə edilməsinə gətirib çıxarır və həm işçilər, həm də təşkilatlar üçün böyük üstünlüklər təmin edir.

ƏDƏBİYYAT

1. Akinagbe, 2024 – *Enhancing Decision-Making with AI*
2. Chen, 2024 – *AI-Powered Customs Clearance*
3. Drozdziel, 2022 – *Reverse Engineering by AI*
4. Gancheva et al., 2024 – *Computer-Aided System for Customs Fraud Analytics*
5. Gancheva et al., 2024 – *Customs Fraud Analytics with AI*
6. Grafova & Bulgadaryan, 2023 – *Customs Control Using AI Technologies*
7. Han & Wang, 2023 – *Research on Intelligent Customs Declaration Generation*
8. IEEE TKDE, 2022 – *Human-in-the-Loop Customs Inspection*
9. Patil, 2025 – *Human-AI Collaboration in the Workplace*
10. Popova et al., 2022 – *AI Technologies for Customs Control*
11. Quan & Xia, 2024 – *Application of AI in Customs Inspection*
12. Razumei et al., 2024 – *Prospects of AI in Customs*
13. Suram, 2025 – *Human-AI Symbiosis in Business Automation*
14. [Azərbaycan Respublikası Dövlət Gömrük Komitəsi – customs.gov.az](https://customs.gov.az)

ABSTRACT

Peri Mammadli

Asif Ganbayev

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CUSTOMS PROCESS: EFFICIENCY, SECURITY AND FUTURE PROSPECTS

Artificial intelligence (AI) and automation are among the most significant advancements in the modern work environment. These technologies not only enable the operation of machinery but also support human labor. Automation and AI ensure that monotonous and repetitive tasks are handled automatically, allowing workers to focus on more creative and strategic tasks. As a result, labor productivity increases, as workers are freed from routine tasks and can engage in more complex and value-added activities.

AI also supports workers in making more accurate and faster decisions. The AI tools used in data analysis and processing help to quickly analyze large data sets, allowing workers to identify patterns and trends. This is particularly beneficial in the field of security, where AI can detect suspicious activities and risky situations rapidly. These technologies can also be used in training and education to enhance employees' knowledge and skills.

In conclusion, it must be emphasized that AI and automation have a significant potential to support and enhance human labor. These technologies not only increase productivity but also improve security and job satisfaction.

Keywords: Artificial Intelligence (AI), Automation, Support for Human Labor, Productivity, Security

АННОТАЦИЯ

Пери Маммедли

Асиф Ганбаев

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТАМОЖЕННОМ ПРОЦЕССЕ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ НА БУДУЩЕЕ

Искусственный интеллект (ИИ) и автоматизация являются одними из наиболее значимых достижений в современной рабочей среде. Эти технологии не только обеспечивают работу оборудования, но и поддерживают человеческий труд. Автоматизация и ИИ обеспечивают автоматическое выполнение монотонных и повторяющихся задач, что позволяет сотрудникам сосредотачиваться на более творческих и стратегических задачах. В результате производительность труда увеличивается, так как работники освобождаются от рутинных задач и могут заниматься более сложной и ценностной деятельностью.

ИИ также поддерживает сотрудников в принятии более точных и быстрых решений. Инструменты ИИ, используемые в анализе и обработке данных, помогают быстро анализировать большие объемы данных, позволяя сотрудникам выявлять шаблоны

и тенденции. Это особенно полезно в области безопасности, где ИИ может быстро выявлять подозрительные действия и рискованные ситуации. Эти технологии также могут быть использованы в обучении и повышении квалификации для улучшения знаний и навыков сотрудников.

В заключение, следует подчеркнуть, что ИИ и автоматизация обладают значительным потенциалом для поддержки и улучшения человеческого труда. Эти технологии не только увеличивают производительность, но и улучшают безопасность и удовлетворенность работой.

Ключевые слова : *Искусственный интеллект (ИИ), Автоматизация , Поддержка человеческого труда , Продуктивность, Безопасность*

ŞƏHƏRLƏRİN PLANLANMASI VƏ AĞILLI ŞƏHƏRLƏR

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17429862>

Hüseyn QASIMOV

huseynqasimov@ndu.edu.az

orcid:0000-0002-3714-8757

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Rahilə MƏHƏRRƏMLİ

remaharramli@gmail.com

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Bu məqalədə sürətlə inkişaf edən urbanizasiya fonunda ağıllı şəhər konsepsiyasının formalaşması və süni intellektin şəhərlərin planlaşdırılmasında rolu tədqiq edilir. Ağıllı şəhərlər – informasiya-kommunikasiya texnologiyaları, böyük məlumat analitikası və süni intellekt vasitəsilə şəhər resurslarının optimallaşdırıldığı, vətəndaş mərkəzli, dayanıqlı və texnoloji cəhətdən integrə olunmuş urbanistik mühitlərdir. Süni intellekt şəhər planlamasında verilənlərin emalı, proqnozlaşdırma, infrastrukturun simulyasiyası, nəqliyyat və enerji idarəçiliyi, eləcə də risklərin qiymətləndirilməsi sahələrində tətbiq edilərək daha çevik və məlumat əsaslı qərarverməni mümkün edir. Məqalədə həmçinin ağıllı idarəetmə (Smart Governance) konsepsiyası, rəqəmsal demokratiya, açıq məlumat siyasətləri və beynəlxalq təcrübələr təhlil olunmuş, planlaşdırma prosesində texnologiya və insan faktoru arasındakı tarazlığa diqqət yetirilmişdir. Tədqiqat nəticəsində məlum olmuşdur ki, süni intellekt yalnız texniki vasitə deyil, strateji urbanistik alət olaraq şəhərlərin davamlı inkişafında mühüm rol oynayır.

Açar sözlər: Süni intellekt, İoT(Əşyaların interneti), Rəqəmsal Əkizlər texnologiyası(Digital Twin), Böyük verilənlər(Big Data), sensorlar, elektron hökumət.

GİRİŞ

Birləşmiş Millətlər Təşkilatının İqtisadi və Sosial Məsələlər Departamentinin 2018-ci ildə apardığı araşdırmaların nəticələrinə görə, 1950-ci illərdə dünya əhalisinin təxminən 30 faizi şəhər yerlərində yaşayırdı. 2014-cü ildə bu rəqəm 55 faizə yüksəldi. Bu tədqiqatlara əsasən, 2030-cu ilədək dünya əhalisinin 60 faizi, 2050-ci ilədək isə 70 faizinin müasir şəhərlərdə məskunlaşacağı proqnozlaşdırılır. Mütəxəssislərin fikrincə, Urbanizasiyanın qarşısını almaq mümkün olmayacaq. İnsanların şəhərə axını həmişə olduğu kimi, davam edəcək. Ona görə də həyat tərzini rahatlaşdırmaq lazımdır. Belə vəziyyətdə urbanizasiyanın qarşısını almağın yeganə yolu “ağıllı” kənd və şəhərlər ola bilər.

Ağıllı şəhər (ing. Smart City) — informasiya-kommunikasiya texnologiyaları (İKT), sensorlar, süni intellekt (AI) və böyük məlumatların (Big Data) integrasiyası vasitəsilə şəhərin infrastrukturunun və idarəetməsinin optimallaşdırıldığı, əhalinin həyat keyfiyyətinin yüksəldilməsi məqsədi daşıyan urbanistik modeldir. Bu konsepsiya şəhərlərdə enerji səmərəliliyi, nəqliyyatın axıcılığı, ekoloji davamlılıq və sosial rifahın təmin edilməsinə yönəlmişdir.(Şəkil 1.)



(Şəkil 1.)

Qlobal urbanizasiya prosesi XXI əsrdə daha da intensivləşmiş, şəhər əhalisinin sürətli artımı, resursların məhdudluğu və ekoloji tarazlığın pozulması kimi problemlər ön plana çıxmışdır. Bu kontekstdə şəhər idarəetməsində səmərəliliyin artırılması, ekoloji davamlılığın təmin edilməsi və vətəndaşların həyat keyfiyyətinin yüksəldilməsi istiqamətində yeni konsepsiyaların formalaşdırılmasına ehtiyac yaranmışdır. Belə konsepsiyalardan biri “ağıllı şəhər” (ing. *Smart City*) modelidir.[1]

Bu gün dünyada bir çox inkişaf etmiş və ya inkişaf etməkdə olan ölkələrin şəhərləri sabahın “ağıllı şəhər”ləri olmağa çalışır. Bəs “ağıllı şəhər”lər ilk dəfə harada yaranıb? Dünyanın ilk “ağıllı şəhər”i ABŞ-ın Kolorado ştatında yerləşən və əhalisi yüz min nəfər olan Boulderdir. Şəhərdə yerləşən 50 minə yaxın binada effektiv və ekologiya baxımından zərərsiz cihazlardan, o cümlədən günəş panellərindən, ağıllı işıqlandırma, havalandırma sistemlərindən istifadə edilib. Son on il ərzində bir çox şəhərlər “Ağıllı şəhər” layihələrinin reallaşdırılması istiqamətində bir sıra uğurlu addımlar atmağa nail olublar. Barselona, Sinqapur, Santander, Çikaqo, San-Dieqo, San-Fransisko kimi şəhərlərdə “ağıllı şəhər” konsepsiyası uğurla tətbiq olunub. 2017-ci ildə isə İsveçin Stokholm Şəhər Şurası 2040-cı ilədək paytaxtın dünyanın ən “ağıllı şəhər”i olmasını hədəfləyən yol xəritəsi təsdiqləyib.

Ağıllı şəhər internet bağlantısı və sensor texnologiyasından istifadə edərək şəhərlərin idarə edilməsini daha səmərəli hala gətirir. Bu texnologiyalar şəhərdəki bütün sistemləri birləşdirərək məlumatların toplanması, təhlili və idarə olunmasını asanlaşdırır. Ağıllı şəhər şəhərləri daha yaxşı idarə etməyə və insanların həyat keyfiyyətini yaxşılaşdırmağa kömək edir. Bundan əlavə, enerji istehlakını azaltmaqla ekoloji maarifləndirməni artırır və resurslardan

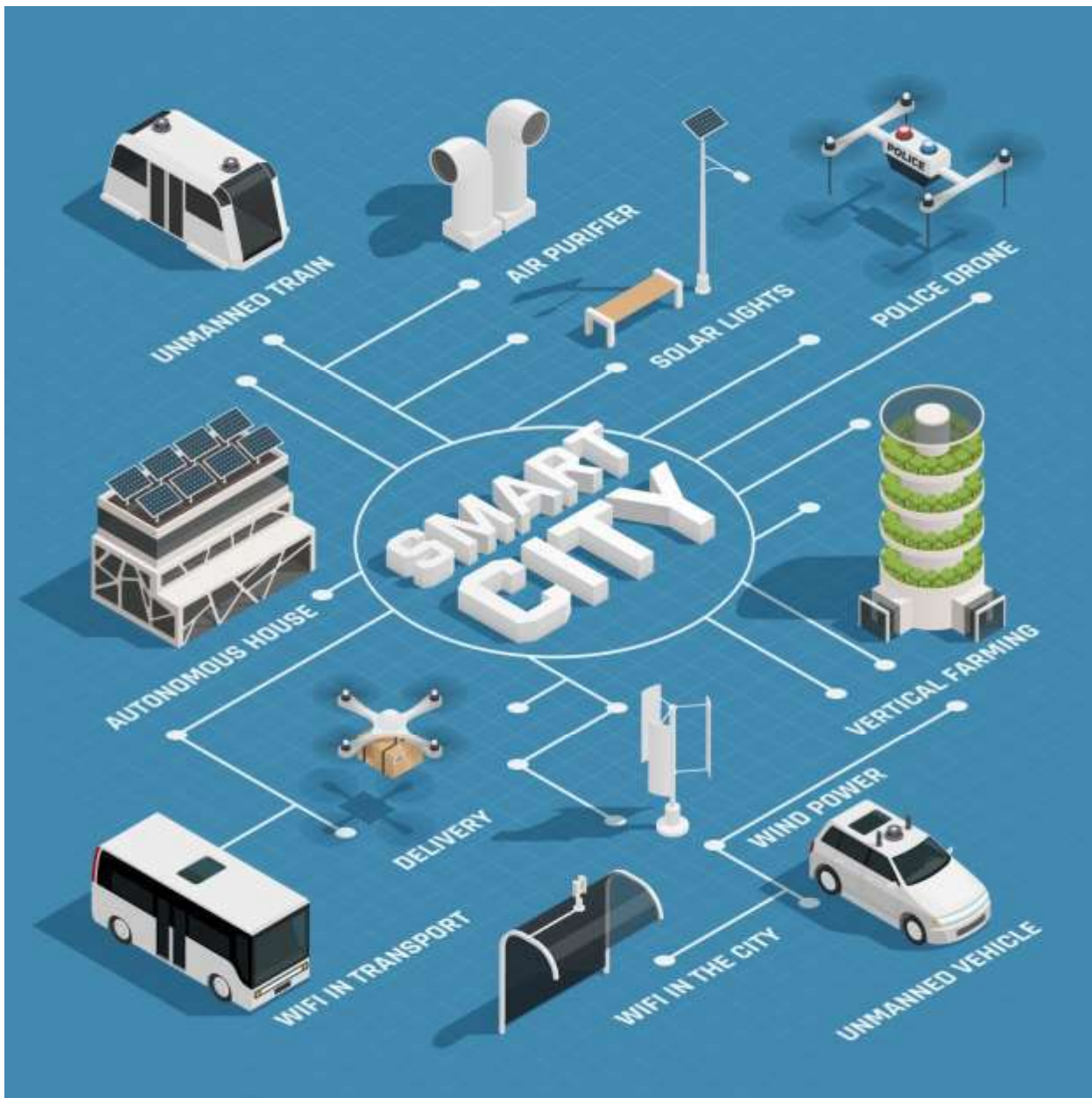
daha səmərəli istifadə edir. Müasir dünyada texnologiya sürətlə inkişaf edir. Ağıllı şəhərlər, şəhərlərimizi davamlı və daha yaşana bilən hala gətirmək üçün texnologiyadan istifadə etməyi hədəfləyən ən son tendensiyadır. Ağıllı şəhərlərin əsas məqsədlərindən biri davamlılığı yaxşılaşdırmaqdır. Buna enerji istehlakını azaltmaq, tullantı istehsalını minimuma endirmək və bərpa olunan mənbələrdən istifadəni təşviq etmək üçün texnologiyadan istifadəni misal çəkmək olar. Ağıllı şəhərlərin digər əsas üstünlüyü dövlət xidmətlərini təkmilləşdirmək imkanındır. Məsələn, şəhərlər daha səmərəli ictimai nəqliyyat sistemi yaratmaq üçün texnologiyadan istifadə edərək insanların avtobus və ya qatar gözləməyə sərf etdikləri vaxtı azalda bilər. (Şəkil 2.)



(Şəkil 2.)

XXI əsrdə urbanizasiya prosesləri sürətlə inkişaf etməkdədir. Şəhər əhalisinin artması, təbii resursların məhdudluğu və ekoloji problemlər yeni şəhər idarəetməsi modellərinə ehtiyac yaradıb. Bu baxımdan "ağıllı şəhər" konsepsiyası müasir dövrün mühüm tələblərinə cavab verən innovativ yanaşmadır. Ağıllı şəhərlər informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının (İKT), süni intellektin (AI) və böyük məlumatların (Big Data) tətbiqi ilə idarə olunan, sakinlərinin rifahını, təhlükəsizliyini və ətraf mühitin davamlılığını təmin etməyə yönəlmiş şəhər mühitləridir. [1]

Ağıllı şəhər anlayışı müxtəlif elmi istiqamətlər üzrə (urbanistika, İKT, iqtisadiyyat, ekologiya və s.) fərqli təriflərlə izah olunur. Ümumi şəkildə desək, ağıllı şəhər — şəhər infrastrukturalarının və xidmətlərinin İKT, süni intellekt, böyük məlumat (big data), bulud texnologiyaları və sensor sistemləri ilə optimallaşdırıldığı bir modeldir. (Şəkil 3.)



(Şəkil 3.)

Ənənəvi şəhər planlaşdırma modelləri müasir tələblərə tam cavab vermədiyindən, texnologiya əsaslı yaşayışlar gündəmə gəlmişdir. Bu çərçivədə süni intellekt (SI) və ağıllı şəhər texnologiyaları şəhər planlamasında innovativ metodlar təklif etməklə, strateji qərarların verilməsini dəstəkləyir. Süni intellekt məlumatların toplanması, emalı və analiz olunmasında yeni imkanlar yaradaraq, urbanistik planların daha çevik və dinamik şəkildə tərtib olunmasına imkan verir. [3]

Şəhər planlaşdırması – şəhərin torpaq istifadəsinin, nəqliyyat şəbəkəsinin, yaşayış və sənaye zonalarının, yaşıl ərazilərin və ictimai xidmətlərin inteqrə olunmuş şəkildə dizayn və idarə olunmasını əhatə edən kompleks bir prosesdir. Bu proses uzunmüddətli strateji baxış tələb edir və çoxsaylı amillərin (əhəlinin sıxlığı, iqlim, iqtisadi fəaliyyət, ekoloji göstəricilər və s.) nəzərə

alınması ilə həyata keçirilir. Artıq müasir dövrdə şəhər planlaşdırılmasında kompleks proseslərin həll olunmasında süni intellekt texnologiyasından istifadə geniş yayılmışdır.

Süni intellekt – maşınların insan kimi düşünmə, öyrənmə və qərarvermə qabiliyyətlərini simulyasiya edən texnologiyalar toplusudur. Bu texnologiya, şəhər mühitindən toplanan böyük məlumatları (big data) emal edərək planlaşdırma orqanlarına real vaxtda dəqiq məlumatlar təqdim edir. Məsələn:

- Əhali sıxlığı üzrə geoxəritələr vasitəsilə yaşayış məkanlarının səmərəli yerləşdirilməsi;
- Enerji sərfiyyatına görə yeni tikinti layihələrinin layihələndirilməsi;
- İctimai nəqliyyatın yük paylanmasına görə marşrutların optimallaşdırılması.

Süni intellekt – maşınların insan kimi düşünmə, öyrənmə və qərarvermə qabiliyyətlərini simulyasiya edən texnologiyalar toplusudur. Urbanistik sahədə SI əsasən aşağıdakı

- **Maşın öyrənməsi (machine learning)** ilə əhalinin köç dinamikası və ərazi inkişafı

eyron şəbəkələr vasitəsilə infrastruktur tələbatının təhlili;

ə

əhlükə analitikası ilə fəvqəladə hallar risklərinin xəritələndirilməsi.

ə gücləndirilmiş “rəqəmsal əkiz” (Digital Twin) modelləri real şəhərin rəqəmsal nüsxəsini yaratmağa imkan verir. Bu modellər vasitəsilə tikinti layihələrinin gələcək təsirləri əvvəlcədən proqnozlaşdırılır, sınaqdan keçirilir və qərarlar optimallaşdırılır. (Şəkil 4.)



a

(Şəkil 4.)

Süni intellekt texnologiyası peyk görüntüləri, geolokasiya və sensor məlumatları əsasında şəhərdə torpaq istifadəsini avtomatik təhlil edə bilir. Bu, xüsusilə sürətlə böyüyən şəhərlərdə torpağın səmərəli istifadəsinin planlaşdırılmasına imkan verir.[4]

i

z

o

l

Süni intellekt ağıllı idarəetmə texnologiyası ilə “ağıllı şəhərlərin” planlaşdırılmasında daha dəqiq addımlar atır. Ağıllı idarəetmə – dövlət və yerli idarəetmə orqanlarının informasiya-kommunikasiya texnologiyalarından istifadə edərək qərarvermə proseslərini optimallaşdırdığı, ictimai iştirakçılığı artırdığı və dövlət-vətəndaş münasibətlərində şəffaflığı təmin etdiyi yeni bir idarəetmə modelidir. Bu modeldə idarəetmə təkcə texnoloji transformasiya ilə deyil, həm də vətəndaşların fəal iştirakına, məlumatlara əsaslanan siyasətlərin qurulmasına və koordinasiyalı qərarverməyə əsaslanır. Ağıllı idarəetmənin elektron hökumət (e-Government), məlumat əsaslı qərarvermə, vətəndaş iştirakçılığı və açıq hökumət kimi əsas elementləri mövcuddur.[5]

Elektron hökumət sistemləri dövlət xidmətlərinin rəqəmsallaşdırılaraq onlayn platformalar üzərindən göstərilməsini təmin edir. Vətəndaşlar qeydiyyat, vergi ödənişi, sənəd müraciətləri kimi xidmətlərə mobil və ya veb vasitəsilə çıxış əldə edə bilirlər. Bu, bürokratiyanı azaldır və xidmətlərin səmərəliliyini artırır. Məlumat əsaslı qərarvermə elementində isə ağıllı idarəetmə sistemi qərarları real vaxtda böyük məlumatların (big data) analizinə əsaslanaraq qəbul edir. İdarəedicilər şəhərin hərəkətlilik, enerji sərfiyyatı, hava keyfiyyəti, ictimai rəy və digər sahələrdəki vəziyyətini sensorlar və rəqəmsal sistemlər vasitəsilə qiymətləndirirlər. Bu, “səbəb-nəticə” əlaqələrini daha doğru qiymətləndirməyə imkan verir. (Şəkil 5.) [2]



(Şəkil 5.)

Məlum olduğu kimi, Azərbaycanda "Ağıllı şəhər" konsepsiyasının tətbiqi ilə bağlı araşdırma aparılması və pilot layihə həyata keçirilməsi imkanlarının müəyyən edilməsi Prezident İlham Əliyevin 2020-ci il 27 fevral tarixli Sərəncamı ilə təsdiq edilmiş "Açıq

hökumətin təşviqinə dair 2020-2022-ci illər üçün Milli Fəaliyyət Planı"nda öz əksini tapıb. Prezident İlham Əliyev 2021-ci il aprelin 19-da "Ağıllı şəhər" (Smart City) və "Ağıllı kənd" (Smart Village) konsepsiyasının hazırlanması haqqında" Sərəncam imzalayıb. Sərəncama əsasən, Azərbaycan Respublikasının "Ağıllı şəhər" (Smart City) və "Ağıllı kənd" (Smart Village) konsepsiyasının hazırlanması ilə əlaqədar işçi qrup yaradılıb.[2]

Prezident İlham Əliyev bununla bağlı bildirib ki, azad edilmiş ərazilərdə şəhərlər və kəndlər "smart-city", "smart-village", - yəni, "ağıllı şəhər", "ağıllı kənd" konsepsiyası əsasında qurulmalıdır. Azərbaycanın şəhər və kənd inkişafında yeni texnoloji yanaşmaların tətbiqi, xüsusilə "Ağıllı şəhər" və "Ağıllı kənd" konsepsiyalarının gerçəkləşdirilməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu gün müasir texnologiyaların tətbiqi ilə həyatın hər sahəsində yeni imkanlar yaranır və bu sahələrdə əldə olunan irəliləyişlər Azərbaycanın gələcəyinə dair böyük ümidlər yaradır.

Ağıllı şəhərlərin qurulmasında qarşılaşılan əsas problemlərdən biri infrastrukturla bağlıdır. Havanın çirklənməsindən tutmuş yollardakı tıxacların səviyyəsinə qədər müxtəlif məlumatları toplamaq üçün sensorlar istifadə edilir. Lakin bu sensorların yerləşdirilməsi və onların saxlanması ciddi çətinliklər yaradır. Məsələn, çoxlu sayda sensor yerləşdirilməli və bunların qida mənbəyi kimi enerji ehtiyatları ilə təmin olunması vacibdir. Bununla yanaşı, bu sensorların ölçmələri doğru təmin etməsi üçün düzgün yerləşdirilməsi də mühüm məsələdir.

Təhlükəsizlik məsələləri də diqqətə layiqdir. Ağıllı şəhərlərdə çox sayda cihazın İnternetə qoşulması təhlükəsizlik məsələlərini ön plana çıxarır. Xüsusilə IoT cihazları zəif şifrələnmiş rabitə protokolları ilə bağlı risklər daşıyır. Haker hücumları, viruslar və digər təhlükələr xidmətlərin pozulmasına səbəb ola bilər. Bu səbəbdən təhlükəsizliyin təmin edilməsi və sistemlərə qarşı təhdidlərə qarşı mübarizə çox vacibdir.

Nəticə

Ağıllı şəhərlərin uğurla tətbiqi üçün sosial adaptasiya da mühüm rol oynayır. Yeni texnologiyalarla bağlı narahatlıqlar ola bilər və bu narahatlıqların aradan qaldırılması vacibdir. Xüsusilə, yaşlı əhali və texnologiya ilə əlaqəsi zəif olan insanlar bu yeni sistemlərə uyğunlaşmaqda çətinlik çəkə bilər. Bu səbəbdən, "ağıllı şəhər" xidmətləri yalnız texnoloji cəhətdən bilikli vətəndaşlara deyil, bütün şəhər sakinlərinə xitab edəcək şəkildə qurulmalıdır.

Bu problemlərin həlli isə bir çox sahədə əhatəli yanaşmalar tələb edir. Həm texnoloji həllər, həm də sosial adaptasiya, təhlükəsizlik tədbirləri və iqtisadi strategiyalar arasında tarazlıq təmin edilməlidir. Ağıllı şəhərlər bu çətinliklərə baxmayaraq, inkişaf etmiş texnologiyalarla həyat keyfiyyətini artırmaq və şəhər idarəçiliyini daha effektiv etmək məqsədilə böyük potensiala malikdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., ... & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. The European Physical Journal Special Topics, 214(1), 481–518.

2. Allam, Z., & Newman, P. (2018). Redefining the smart city: Culture, metabolism and a
3. Bibri, S. E. (2019). *Smart sustainable cities of the future: The untapped potential of big d*
4. Hashem, I. A. T., Chang, V., Anuar, N. B., Adewole, K., Yaqoob, I., Gani, A., ... & C
5. Moroney, L. Ai and machine learning for coders a programmer's guide to i

ABSTRACT

Huseyn Gasimov
Maharramli Rahila

URBAN PLANNING AND SMART CITIES

In this article, the formation of the smart city concept against the background of rapidly developing urbanization and the role of intelligence in urban planning will be investigated. Smart cities - optimization of resources through information and communication technologies, big data analytics and artificial intelligence, citizen-centric, sustainable technology are urban environments that have been integrated. Artificial intelligence city planning applications in urban planning, projection, infrastructure simulation, transport and energy management, digital risk assessment would have made more agile and data-driven decisions possible. The article analyzes the concept of Smart Governance, digital democracy, open information policies and international experiences, and the process of planning attention is paid to the balance between technology and the human factor. As a result of the research it became clear that the intellectual is not only a technical tool, strategy as an urban planning tool plays an important role in the sustainable development of cities.

Keywords: Artificial intelligence, IoT, Digital Twin, Big Data, sensors, e-government.

SÜNİ İNTELLEKT VƏ İQTISADIYYAT: GƏLƏCƏYİN İQTISADI İNKİŞAFI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17429866>

Rumella CƏFƏROVA

rumella.jafarova@azmiu.edu.az

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, Bakı şəhəri, Azərbaycan

XÜLASƏ

Süni intellekt (Sİ), iqtisadiyyatda mühüm dəyişikliklərə səbəb olmuş texnoloji bir yenilikdir. Sİ, istehsal sahələrindən xidmət sektorlarına qədər bir çox sahədə məhsuldarlığı artırmış və yeni iş imkanları yaratmışdır. Bu texnologiya, şirkətlərin daha düzgün və sürətli qərar qəbul etmələrinə imkan verir, həmçinin iqtisadiyyatın global strukturunun dəyişməsinə yol açır. Gələcəkdə süni intellektin iqtisadiyyata təsiri daha da genişlənəcək və bu sahə iqtisadi inkişafı daha innovativ və dayanıqlı edəcəkdir.

Açar sözlər: *Süni intellekt, iqtisadiyyat, texnologiya, inkişaf, biznes modelləri*

Süni intellekt (Sİ) son illərdə iqtisadiyyatda ciddi dəyişikliklərə səbəb olmuş və bu dəyişikliklər iqtisadi inkişafın gələcəyini formalaşdıran əsas amillərdən birinə çevrilmişdir. Texnologiyanın inkişafı ilə paralel olaraq süni intellektin müxtəlif sahələrdə tətbiqi, iqtisadiyyatın bütün strukturlarında fundamental dönüşlərə yol açmışdır. İstehsal sektorunda, məsələn, avtomatlaşdırma və robot texnologiyalarının genişlənməsi, insan əməyinin əvəz edilməsini və əməliyyat xərclərinin azaldılmasını təmin etmiş, bu isə məhsuldarlığın artmasına və daha sürətli istehsal proseslərinə səbəb olmuşdur. Həmçinin, süni intellektin tətbiqi istehsal proseslərində daha dəqiq və səmərəli nəticələr əldə etməyə, təmir və təkmilləşdirmə proseslərini optimallaşdırmağa və məhsul keyfiyyətini yüksəltməyə imkan yaratmışdır.

Xidmət sahələrində isə süni intellektin rolu daha da önəmlidir. Müştəri xidməti, maliyyə, tibb, nəqliyyat və s. kimi sahələrdə, Sİ - dən istifadə edərək müştəri ehtiyaclarına daha sürətli və doğru cavab verilməsi təmin edilir. Məsələn, süni intellekt əsaslı chat-botlar müştərilərə 24/7 xidmət göstərərək, müştəri məmnuniyyətini artırır və əməliyyat xərclərini azaldır. Eyni zamanda, süni intellektin tətbiqi sayəsində şirkətlər verilənlər bazalarından daha effektiv istifadə edərək analitik məlumatlar toplayır və bu məlumatlar əsasında daha düzgün qərarlar qəbul edirlər.

Bu texnologiya həm də iş gücünün strukturu və iş yerlərinin gələcəyini dəyişir. Əgər əvvəlki dövrlərdə insanlar işləri fiziki olaraq yerinə yetirirdilərsə, artıq bu işlərin bir çoxunu süni intellekt və robotlar həyata keçirir. Nəticədə, şirkətlər iş gücünün səmərəliliyini

artıraraq daha az resursla daha çox iş görə bilirlər. Bu isə öz növbəsində iş yerlərində daha innovativ və strateji vəzifələrin yaranmasına, eyni zamanda təkmilləşdirilmiş peşəkar bacarıqların inkişafına səbəb olur.

Süni intellektin iqtisadiyyata təsiri, həmçinin qlobal iqtisadi münasibətlərin dəyişməsinə, yeni iqtisadi modellərin yaranmasına və qlobal əmək bazarının yenidən qurulmasına səbəb olur. İnkişaf etmiş ölkələrdə süni intellektə dayalı texnologiyaların tətbiqi, onların iqtisadi gücünü artırmaqla yanaşı, inkişaf etməkdə olan ölkələr üçün də bu texnologiyalar yeni imkanlar açır. Beləliklə, süni intellektin istifadəsi iqtisadiyyatın yalnız inkişaf etmiş ölkələrdə deyil, həm də inkişaf etməkdə olan regionlarda iqtisadiyyatı müasirləşdirən və rəqabət qabiliyyətini artıran bir faktor kimi çıxış edir. Nəticə etibarilə, süni intellekt iqtisadiyyatın hər sahəsində yenilikçi yanaşmaların tətbiqini sürətləndirir və bu da öz növbəsində gələcək iqtisadi inkişafı təmin edir.

Süni intellektin (Sİ) iqtisadiyyata təsiri geniş miqyasda və çoxşaxəli şəkildə özünü göstərir. Əsasən, məhsuldarlığın artması, iş gücünün optimallaşdırılması və yeni iş sahələrinin yaranması bu təsirlərin ən önəmli aspektləridir. Süni intellektin tətbiqi, xüsusilə istehsal və xidmət sahələrində, həm xərcləri azaldır, həm də iş proseslərini daha sürətli və səmərəli edir. Məsələn, avtomatlaşdırma və robot texnologiyalarının istehsal sahələrində tətbiqi, insan əməyini əvəz edərək əməliyyat xərclərini azaldır, eyni zamanda istehsal proseslərinin sürətini və dəqiqliyini artırır. Bu texnologiyalar sayəsində, fabriki və istehsal sahələrini daha az resursla idarə etmək, xətalara minimuma endirmək və məhsul keyfiyyətini yüksəltmək mümkündür.

Süni intellektin tətbiqi nəticəsində əldə olunan verilənlərə əsaslanan analizlər isə şirkətlərə daha düzgün və daha sürətli qərarlar qəbul etməyə imkan verir. Sİ, böyük verilənlərin (Big Data) təhlilində çox effektivdir və şirkətlərin bazar tendensiyaalarını daha yaxşı anlamaq, müştəri ehtiyaclarını dəqiq təhlil etmək və strateji qərarlar qəbul etmək üçün əvəzsiz bir alətə çevrilir. Bu, şirkətlərə rəqabət üstünlüyü qazandırır və onların bazarda daha çevik olmasına şərait yaradır.

Eyni zamanda, süni intellektin iqtisadiyyata təsiri yeni biznes modellərinin yaranmasına və bazar strukturlarının dəyişməsinə səbəb olur. Məsələn, "Pay-per-use" (istifadəyə görə ödə) və "Subscription" (abunəlik) kimi yeni iqtisadi modellər süni intellektin tətbiqi ilə daha da yayılmağa başlamışdır. Şirkətlər, müştəri davranışlarını təhlil edərək, daha fərdi və müştəriyə yönəlmiş xidmətlər təklif edə bilər. Bu isə bazarda daha çox innovativ yanaşmaların yaranmasına və iqtisadiyyatın daha rəqabətçi hala gəlməsinə gətirib çıxarır.

Nəticə etibarilə, süni intellektin iqtisadiyyata təsiri, yalnız məhsuldarlığın artması və xərclərin azaldılması ilə məhdudlaşmır, həm də yeni biznes modellərinin yaranmasına, bazarların daha çevik olmasına və iqtisadiyyatın ümumilikdə daha rəqabət qabiliyyətli hala gəlməsinə yol açır.

Süni intellektin iqtisadiyyatdakı potensialı yalnız istehsal sahələri ilə məhdudlaşmır, əksinə, müxtəlif sektorları əhatə edərək cəmiyyətin hər sahəsinə nüfuz edir. Bu texnologiyanın tətbiqi, tibb, təhsil, kənd təsərrüfatı və xidmət sahələri kimi fərqli sahələrdə müstəsna yeniliklərə səbəb olur və bu sahələrin hər birində mühüm dəyişikliklər yaradır.

Təhsil sahəsində süni intellektin tətbiqi, ənənəvi tədris metodlarını əhəmiyyətli dərəcədə təkmilləşdirir. Sİ, fərdi öyrənmə planlarının hazırlanmasında istifadə olunaraq, hər bir tələbənin fərdi öyrənmə ehtiyaclarına uyğunlaşır və tədris prosesini daha sürətli və effektiv edir. Məsələn, süni intellektə əsaslanan təhsil platformaları tələbələrin inkişafını izləyərək, onların güclü və zəif tərəflərini müəyyən edir və buna uyğun məzmun təqdim edir. Bu, yalnız tələbələrin daha yaxşı nəticələr əldə etməsinə imkan vermir, həm də müəllimlərə daha çox vaxt və resurs sərf etmədən hər bir tələbəyə fərdi yanaşma göstərməyə imkan verir.

Kənd təsərrüfatında süni intellektin tətbiqi, əkin sahələrinin məhsuldarlığını artırmağa və resursların daha səmərəli istifadə edilməsinə kömək edir. Verilənlərə əsaslanan təhlillər və siqnal analitikası vasitəsilə, əkin sahələrinin vəziyyəti və məhsulun inkişafı haqqında dəqiq məlumatlar əldə edilir. Bu məlumatlar əsasında fermerlər, suvarma, gübrə tətbiqi və xəstəliklərlə mübarizə kimi məsələlərdə daha yaxşı qərarlar verə bilirlər. Eyni zamanda, dronlar və robotlar vasitəsilə əkin sahələrinin monitorinqi və məhsul yığımı avtomatlaşdırılır, bu da işçi qüvvəsinin ehtiyacını azaldır və əməliyyat xərclərini minimuma endirir.

Bundan əlavə, süni intellektin xidmət sahələrindəki tətbiqləri də çox böyük əhəmiyyət kəsb edir və bu texnologiyanın tətbiqi müxtəlif sahələrdə yenilikçi yanaşmaların inkişafına imkan yaradır. Xüsusilə müştəri xidmətləri, maliyyə sektoru, nəqliyyat, səhiyyə və digər sahələrdə süni intellektdən istifadə, şirkətlərə daha sürətli, dəqiq və səmərəli xidmətlər təklif etməyə şərait yaradır.

Müştəri xidmətləri sahəsində süni intellektin tətbiqi, müştəri ilə əlaqələrin daha çevik və fərdi şəkildə idarə olunmasına imkan verir. Məsələn, müştəri xidmətlərinə yönəldilmiş chat-botlar və virtual köməkçilər, müştərilərin sorğularına 24/7 cavab verə bilər. Bu, şirkətlərə əməliyyat xərclərini azaldaraq, müştəri məmnuniyyətini artırmağa imkan verir. Həmçinin, süni intellektin analitik qabiliyyətləri müştərilərin davranışlarını izləyərək, onlara daha uyğun və fərdiləşdirilmiş xidmətlər təqdim etməyə imkan verir, bu da şirkətlərə rəqəbat üstünlüyü qazandırır.

Maliyyə sektorunda isə süni intellektin tətbiqi daha geniş miqyasda istifadə edilir. Süni intellekt, risk idarəetməsi və investisiya qərarlarının alınmasında əvəzsiz bir vasitədir. Məsələn, süni intellekt əsaslı alqoritmlər və maşın öyrənməsi metodları, maliyyə bazarlarını daha yaxşı təhlil edərək, gələcək riskləri daha dəqiq proqnozlaşdırmağa və sərmayə qərarlarını daha səmərəli qəbul etməyə kömək edir. Bu texnologiyalar, bankların və sığorta şirkətlərinin müştəri məlumatlarını təhlil edərək onların maliyyə vəziyyətini qiymətləndirməyə, kredit risklərini daha düzgün təhlil etməyə və fraud (dələduzluq) halları

ilə mübarizəni gücləndirməyə imkan verir. Nəticə olaraq, süni intellektin maliyyə sahəsində tətbiqi bazarın stabilləşməsinə və səmərəliliyinin artmasına səbəb olur.

Nəqliyyat sektorunda da süni intellekt böyük dəyişikliklərə yol açır. Məsələn, ağıllı nəqliyyat sistemləri və avtomatlaşdırılmış nəqliyyat vasitələri süni intellektdən istifadə edərək daha effektiv və təhlükəsiz yol hərəkətini təmin edir. Avtomatik sürücüsüz avtomobillər və dronlar, yük və sərnişin daşımalarının daha sürətli və təhlükəsiz həyata keçirilməsini mümkün edir. Bu texnologiyalar həm də nəqliyyatın ekoloji izini azaldır və əməliyyat xərclərini optimallaşdırır.

Səhiyyə sahəsində süni intellektin tətbiqi də böyük əhəmiyyət kəsb edir. Süni intellektin tibbdə istifadəsi xəstəliklərin erkən mərhələlərdə diaqnoz qoyulmasını asanlaşdırır, müalicə metodlarını daha səmərəli edir və həkimlərin qərar qəbul etmə prosesini sürətləndirir. Məsələn, süni intellekt əsaslı alqoritmlər, xəstəliklərin şəkilləri üzərindəki analizlərə əsaslanaraq, xəstəlikləri daha sürətli və dəqiq diaqnoz edir. Həmçinin, süni intellekt xəstəliklərin yayılma ehtimalını proqnozlaşdırmaq və müalicə üçün fərdi yanaşmalar təklif etmək üçün istifadə olunur, bu da səhiyyə xidmətlərinin keyfiyyətini artırır.

Bu misallar süni intellektin müxtəlif xidmət sahələrində tətbiqinin nə qədər geniş olduğunu və bu texnologiyanın daha sürətli, dəqiq və səmərəli xidmətlər təqdim etməkdə necə təsirli olduğunu göstərir. Nəticədə, süni intellekt, yalnız iqtisadiyyatın texnoloji inkişafına deyil, həm də müştəri məmnuniyyətinə, bazarların səmərəliliyinə və qlobal inkişafın davamlı olmasına mühüm töhfələr verir.

Beləliklə, süni intellektin tətbiqi yalnız iqtisadiyyatın əsas sahələri ilə məhdudlaşmır, eyni zamanda, cəmiyyətin hər sahəsində dərin təsir göstərərək, daha mükəmməl və effektiv xidmətlər, məhsullar və təcrübələr təmin edir. Bu, cəmiyyətin bütün strukturlarında yenilikçi inkişafalara səbəb olaraq, iqtisadiyyatın daha dayanıqlı və rəqabət qabiliyyətli olmasına imkan yaradır.

Süni intellektin iqtisadiyyata təsiri, yalnız mövcud iqtisadi sistemlərin inkişafına deyil, həm də tamamilə yeni iqtisadi dövrün formalaşmasına səbəb olur. Bu texnologiyanın tətbiqi, qlobal bazarda rəqabət şəraitini dəyişdirir və iqtisadiyyatın idarə edilmə formasını təkmilləşdirir. İnkişaf etmiş ölkələr, süni intellektin təklif etdiyi yeni texnoloji imkanları sürətlə öz iqtisadiyyatlarına integrasiya edərək, müasir və innovativ texnologiyalara dayalı iqtisadi üstünlüklər əldə edirlər. Onlar, daha məhsuldar istehsal prosesləri, sürətli xidmətlər və daha dəqiq maliyyə qərarları ilə bazarda lider mövqelərini qorumağa və gücləndirməyə çalışırlar. Bu, həmin ölkələrin iqtisadi artımını artırır və onları qlobal iqtisadi güc mərkəzləri olaraq möhkəmləndirir.

Digər tərəfdən, inkişaf etməkdə olan ölkələr, bu yeni dövrün tələblərinə uyğunlaşmaq və qlobal rəqabətə daxil olmaq üçün müxtəlif süni intellekt texnologiyalarını əldə etməyə çalışırlar. Onlar, texnoloji inkişafı ayaqlaşmaq və süni intellektdən faydalanmaq məqsədilə xarici investisiyalar cəlb edir və müvafiq təhsil və tədqiqat

proqramlarını inkişaf etdirirlər. Bu ölkələr, süni intellekt vasitəsilə kənd təsərrüfatı, səhiyyə, təhsil və digər sahələrdə məhsuldarlığı artıraraq iqtisadiyyatlarını müasirləşdirirlər.

Bununla yanaşı, süni intellektin iqtisadiyyata təsiri qlobal miqyasda resursların daha səmərəli istifadəsinə imkan verir. Verilənlərə əsaslanan qərarvermə və analitik təhlillər vasitəsilə, iqtisadi resurslar daha doğru və təsirli şəkildə yönləndirilir. Məsələn, enerji, ətraf mühit və insan resursları kimi sahələrdə, süni intellekt optimallaşdırma proseslərini sürətləndirir və daha effektiv idarəetmə üsulları təqdim edir. Bu, həm iqtisadi xərcləri azaldır, həm də çevik və davamlı inkişafı təmin edir.

Sonuç olaraq, süni intellektin qlobal iqtisadiyyata daxil olması, iqtisadi münasibətləri və strukturları yenidən formalaşdırır, bu da həm inkişaf etmiş, həm də inkişaf etməkdə olan ölkələr üçün yeni imkanlar yaradır. İqtisadi sistemin daha balanslı, çevik və səmərəli işləməsi üçün süni intellekt, resursların daha düzgün və effektiv idarə edilməsinə, yeni biznes modellərinin yaranmasına və bazarın daha dinamik hala gəlməsinə imkan verir. Bu, qlobal miqyasda iqtisadiyyatın daha da inkişaf etməsinə, ölkələr arasında əməkdaşlıq və rəqabət imkanlarının artmasına və nəticədə daha güclü və dayanıqlı iqtisadi sistemlərin qurulmasına gətirib çıxarır.

Nəticə olaraq, süni intellektin iqtisadiyyata təsiri böyük perspektivlərə malikdir və gələcəkdə bu təsirin daha da genişlənməsi gözlənilir. Süni intellekt texnologiyasının inkişafı ilə iqtisadiyyatın bütün sahələrində yeni imkanlar və çağırışlar yaranacaq, bu da öz növbəsində iqtisadi sistemin daha innovativ və dayanıqlı olmasına gətirib çıxaracaq. Bu yeni dövrün tələblərinə uyğunlaşmaq və rəqabət üstünlüyü əldə etmək üçün, ölkələr və şirkətlər süni intellekt texnologiyalarının daha sürətli integrasiyasına və bu sahədə mütəxəssis kadrların hazırlanmasına xüsusi diqqət yetirməlidirlər. Beləliklə, süni intellektin tətbiqi yalnız iqtisadiyyatın inkişafına deyil, həm də qlobal iqtisadi sistemin daha çevik və effektiv işləməsinə mühüm töhfə verəcəkdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W. W. Norton & Company, 67-74.
2. Chui, M., & Manyika, J. (2017). *Artificial Intelligence: The Next Digital Frontier?* McKinsey Global Institute, 45-52.
3. Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). *Artificial Intelligence for the Real World*. Harvard Business Review, 96(1), 108-116.
4. Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). *The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerization?* Technological Forecasting and Social Change, 114, 254-280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
5. Kshetri, N. (2018). *AI and Economic Development*. In *AI and the Economy* (pp. 18-30). Springer.

6. Mangal, S. (2020). *Artificial Intelligence and the Economy: Impacts, Opportunities, and Challenges*. International Journal of Economics, Commerce, and Management, 8(10), 15-22.
7. McKinsey & Company. (2019). *The Impact of Artificial Intelligence on the Global Economy*. McKinsey & Company, 6-12. <https://www.mckinsey.com/>
8. West, D. M. (2018). *The Future of Work: Robots, AI, and Automation*. Brookings Institution Press, 102-110.
9. World Economic Forum. (2020). *The Future of Jobs Report 2020*. World Economic Forum, 10-15. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>

ABSTRACT

Rumella Jafarova

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ECONOMICS: THE FUTURE ECONOMIC DEVELOPMENT

Artificial intelligence (AI) is a technological innovation that has caused significant changes in the economy. AI has increased productivity across various sectors, from manufacturing to services, and created new job opportunities. This technology enables companies to make more accurate and faster decisions, contributing to the transformation of the global economic structure. In the future, the impact of AI on the economy will expand even further, making economic development more innovative and sustainable.

Key words: Artificial intelligence, economy, technology, development, business models.

АННОТАЦИЯ:

Румелла Джафарова

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЭКОНОМИКА: БУДУЩЕЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ

Искусственный интеллект (ИИ) является технологическим новшеством, которое привело к значительным изменениям в экономике. ИИ повысил продуктивность в различных секторах, от производства до сферы услуг, и создал новые рабочие места. Эта технология позволяет компаниям принимать более точные и быстрые решения, способствуя трансформации глобальной экономической структуры. В будущем влияние ИИ на экономику будет расширяться, делая экономическое развитие более инновационным и устойчивым.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, экономика, технологии, развитие, бизнес-модели.

SÜNİ INTELLEKT VƏ MÜASIR JURNALISTIKA

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17429868>

Səadət ƏLİYEVƏ

eliyevaseadet@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1037-4594>

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Açar sözlər: intellekt, portal, rəqəmsal, texnologiya, dezinformasiya, dürüst, peşəkar, redaksiya

Süni intellektin inkişafı son onilliklərdə sürətlə irəliləyib və bu proses iş dünyasında əhəmiyyətli dəyişikliklər yaradıb. 1950-ci illərdə ilk addımları atılan süni intellekt (SI) sahəsi, zaman keçdikcə sadə hesablamalardan başlayaraq, mürəkkəb qərarların verilməsi və insan beynini təqlid edən texnologiyalarla zənginləşib. Alan Turing kimi alimlərin təməlini qoyduğu bu sahə, hazırda müxtəlif sektorlarda insan əməyini əvəz etməyə başlayır. SI artıq istehsal proseslərindən tutmuş müştəri xidmətlərinə qədər geniş bir sahədə tətbiq olunur. Texnologiyanın bu qədər inkişaf etdiyi bir dünyada bütün bunlar məhsuldarlığı artırırsa da, insan əməyinin gələcəyi ilə bağlı suallar doğurur: Biz texnologiya ilə addımlaşaraq irəli gedəcəyik, yoxsa öz yerimizi tamamilə ona təhvil verəcəyik?

Əvvəlcə yazılı mətbuat, sonra radio və televiziya, informasiya mühitində inqilabi dəyişikliklər yaratdı. Bu gün isə süni intellekt (SI) ilə yeni bir mərhələyə qədəm qoymuşuq. SI-nin jurnalistikada necə oynadığını, həm müsbət, həm də mənfi tərəfləri ilə araşdırmaq, informasiya mühitinin gələcəyini anlamaq üçün vacibdir.

Süni intellektin jurnalistikaya müsbət təsirləri müxtəlif sahələrdə özünü göstərir. Birincisi, SI-nin məlumatların təhlilini və avtomatlaşdırılmasını asanlaşdırmasıdır. 2020-ci il "Reuters Institute Digital News Report"-da qeyd olunduğu kimi, SI-alqoritmləri böyük miqdarda məlumatı sürətlə təhlil edir və xəbərləri avtomatik olaraq hazırlayır. Məsələn, Associated Press (AP) 2019-cu ildən bəri SI istifadə edərək 4,000-dən çox xəbəri avtomatik yaratmışdır. Bu, jurnalistlərin məlumatı daha tez və dəqiq şəkildə təqdim etmələrini mümkün edir. 2023-cü ildə Statistikanın məlumatlarına görə, xəbər təşkilatlarının 70%-i oxucu davranışlarını təhlil etmək və onların maraqlarına uyğun xəbər məzmunu təqdim etmək üçün SI-alqoritmlərindən istifadə edir. Bu, oxucuların maraqlarına uyğun, daha əlaqəli və maraqlı məlumatlar əldə etmələrini təmin edir və onların xəbər istehlakını artırır.

Bundan əlavə, SI-nin xəbərlərin sürətli yaradılması üzərindəki təsirinə nəzər salaq. "The Washington Post"-un "Heliograf" adlı SI aləti, seçki nəticələri və digər məlumatları dərhal yeniləyərək xəbərləri avtomatik olaraq təqdim edir. Bu alət 2016-cı ildən bəri 500-dən çox xəbər təqdim edib, xəbərlərin ilk dəqiqələrində yayımlanmasını təmin edir. Bu cür texnologiyalar, xəbərlərin daha qısa müddətdə təqdim olunmasına imkan tanıyır.

Ancaq süni intellektin jurnalistikaya təsirləri yalnız müsbət deyil. Mənfi təsirlər də ciddi narahatlıq doğurur. Birincisi, SI ilə yaradılan xəbərlərin doğruluğu məsələsi ortaya çıxır. 2021-

ci ildən "Pew Research Center" tərəfindən aparılan araşdırmaya görə, SI tərəfindən yaradılan xəbərlərin 25%-i faktiki doğruluğunu sual altında qoyur. Bu, dezinformasiya və yanlış məlumatların yayılma riskini artırır və xəbərlərin etibarlılığına şübhə yaradır.

Bundan əlavə, SI-nin avtomatlaşdırma funksiyaları, iş yerlərinin itirilməsinə səbəb olur. "International Federation of Journalists" (IFJ) tərəfindən 2022-ci ildə aparılan tədqiqat göstərir ki, SI-nin tətbiqi nəticəsində jurnalistika sahəsindəki işlərin 20%-ə qədər azalması ehtimal edilir. Bu, xüsusilə kiçik və müstəqil xəbər təşkilatları üçün ciddi bir təhlükə yaradır, çünki avtomatlaşdırma prosesləri insan işçilərini əvəz edir.

Həmçinin SI alqoritmləri, xəbərlərin manipulyasiya olunmasına və müəyyən düşüncə tərzlərini yaymağa xidmət edə bilər. Bu, məlumatın obyektivliyini riskə atır.

Nəticə olaraq, süni intellektin jurnalistikaya təsirləri müxtəlif cəhətlərdən qiymətləndirilməlidir. Müsbət təsirlərə məlumatların daha sürətli və dəqiq təqdimatı və avtomatlaşdırılmış məlumat təhlili daxildir. Mənfi təsirlər isə məlumatların doğruluğu, iş yerlərinin itirilməsi və etik problemləri əhatə edir. SI-nin jurnalistikada daha effektiv və etik istifadəsi üçün texnologiyaların düzgün tətbiqi və məlumatların diqqətlə yoxlanılması vacibdir. Bu, informasiya mühitinin gələcəyində SI-yə balanslı və etibarlı bir yanaşmanın təmin edilməsinə kömək edəcəkdir.

Müasir texnologiyaların inkişafı bütün sahələrdə olduğu kimi jurnalistikaya da təsir edir. Dünyanın müxtəlif ölkələrində jurnalistlər süni intellekt alətlərinin köməyi ilə faktların doğruluğunu yoxlayır, mətnlər yazır və fotolar hazırlayırlar.

Bəzi ekspertlər və jurnalistlər süni intellektin təhlükələri ilə bağlı həyəcan təbili çalır. Onlar yeni texnologiyanın jurnalist peşəsini sıradan çıxaracağını düşünür.

Həqiqətən süni intellekt və ümumilikdə yeni texnologiyalar bir sıra peşələrin yoxa çıxmasına səbəb olub. "Goldman Sachs" analitik mərkəzinin məlumatına görə, süni intellekt dünyada mütəxəssislərin 7%-ni əmək bazarından sıxışdırıb çıxara bilər. Hesablamalara görə, "ChatGPT" və ya "Midjourney" kimi süni intellekt alətləri ABŞ-da hər dörd işçidən birini əvəz edəcək. Bu texnologiyanın 300 milyon insanın işsiz qalmasına səbəb olacağı ehtimal edilir.

"Business Insider" portalının mütəxəssisləri süni intellektin inkişafı nəticəsində tamamilə yox ola biləcək 10 peşənin siyahısını tərtib ediblər. Onlar arasında proqramçılar, hüquq məsləhətçiləri, marketoloqlar, müəllimlərlə yanaşı jurnalistlər də var. Buna baxmayaraq, süni intellektin jurnalistikaya təsirləri ilə bağlı fikirlər birmənalı deyil.

Süni intellekt jurnalistikaya təsir etsə də, tamamilə sıradan çıxarma gücündə deyil.

"Onu da qeyd edək ki, Şuşada keçirilən Qlobal Media Forumda da süni intellektin jurnalistikaya təsiri ilə bağlı beynəlxalq və yerli ekspertlərlə maraqlı müzakirələr olundu. Texnologiyanın və süni intellektin inkişafı və müxtəlif sahələrə ciddi təsiri var. O cümlədən də, jurnalistikaya... Amma analitika, fərdi yanaşma jurnalistikada tələb olunan məqamlardır. Ehtimal etmək olar ki, süni intellektin jurnalsitikaya təsiri gələcəkdə daha da güclənsin. Amma hər hansı şəkildə professional jurnalistikanın istiqamətini dəyişməsinə təsir göstərəcəyi barədə danışmaq tezdir. Süni intellektin jurnalistikaya hakim ola biləcəyi barədə nəşə deyə bilmərik. Müəyyən mənada əgər jurnalist yazmağa çətinlik çəkirsə, onlara müsbət təsir göstərə bilər. Amma jurnalistikanın özünün fəlsəfəsi, janrları, özünəməxsusluğu var".

Dünyada jurnalistika da artıq müəyyən yenilik və inkişafı uyğunlaşmalıdır.

“XXI əsr internet media dövrüdür. Hər il trendlər dəyişir. Süni intellekt də son dövrlər diqqətdə olan və insanları cəlb edən yeniliklərdəndir. Artıq yaxın illərdə bəzi ənənəvi peşələr tarixə çevriləcək, yoxa çıxacaq. Düşünürəm ki, süni intellektin inkişafı medianın yeni mərhələyə qədəm qoymasına gətirib çıxaracaq. Amma mətbuat eyni zamanda yaradıcı sahədir. Süni intellektin yaradıcı tərəfdən mediaya təsir imkanı çox deyil. Sadəcə formal olan prosesləri həyata keçirən yenilikdir. Öz beyin məhsulu, şəxsi fikirləri baxımdan süni intellekt hələ ki dünyada və Azərbaycanda mediaya tam siraət edib jurnalistikanı sıradan çıxarmaq imkanına malik deyil. Amma artıq jurnalistika da ənənəvi formasından çıxıb, yeniliklərə uyğunlaşmalıdır. Yeni nəsil süni intellekt vasitəsi ilə proseslərə təsir gücünə malik olacaq. Mətbuatda yaradıcılığı olmayanlara ehtiyac qalmayacaq”. Süni intellektin jurnalistikaya təsir etmə gücündə olmadığını vurğulayıb.

“Artıq müasir dünyanın bir parçasıyıq, yəqin ki, gələcəkdə bu təcrübə bizim ölkəmizdə də tətbiq olunacaq. İnformasiya texnologiyaları ilə uyğunlaşmaq çətinidir. Hesab edirəm ki, yazıdan jurnalistin imzasının qoxusu gəlməlidir. Yazıdan insan ətri gəlməlidir. Yazıda canlılıq olmalıdır. Süni intellektin canlı və peşəkar jurnalisti əvəz edəcəyini düşünmürəm. Süni intellektin məndən və jurnalist dostlarımızdan yaxşı yazacağına inanmıram. Dünyada bir inkişaf var, bəzi proseslər gedir. Müəyyən işləri görə bilirlər, onlara etibar etmək olar, amma hər halda mən eyni zamanda oxucu kimi yanaşıram məsələyə. Mən canlı insan nəfəsi duymaq istəyirəm yazılarda. Yazı və məqalələrin arxasında bir insan dayanmalıdır. Onsuz həyatımız başdan-başa süniliklər üzərində qurulub. Heç olmasa, imzamızı əlimizdən almasınlar. Məncə süni intellektin ortaya qoyacağı yazı ruhsuz olacaq. Yaxın 10 ildə süni intellektin peşəkar jurnalistləri əvəzləyəcəyinə inanmıram”.

Məlumatlandırma işi, informasiya istehsalı tarixən texnoloji tərəqqi ilə bağlı olub. İndi də belədir. Rəqəmsal transformasiya, onlayn informasiya resurslarının inkişafı, sosial media platformalarının çoxalması yaşadığımız dövrdə informasiya axınıni sürətləndirir. Analitik mərkəzlər qeyd edirlər ki, indi hər gün dünyada təsəvvüredilməz səviyyədə çox, təqribən, 2,5 kvintilyon bayt həcmində məlumat yaradılır və yayılır. İnsanlar, hətta istəməsələr belə, hər gün yüzlərlə informasiya ilə qarşılaşır, oxuyur, görür və dinləyirlər. Yeniliklərdən biri də budur ki, indiki cəmiyyət üzvləri özləri də xəbər istehsalçısı və ya xəbər mənbəyi rolunda çıxış edirlər. Rəqəmsal texnologiya xəbər alıcısını həm də xəbər istehsalçısına çevirir. İnteraktiv mühit yaradır, zaman və məkan fərqlərini aradan qaldırır. Xəbəri istənilən məkanda və istənilən zamanda əlçatan edir. Modern texnologiyalar təkcə həvəskar xəbər istehsalçıları üçün deyil, peşəkar media təmsilçiləri, jurnalistlər üçün də şərtləri dəyişir. Xüsusi olaraq “Süni intellekt” (Sİ / AI) bu sahədə hüdudsuz imkanlar təqdim edir. O, faktları axtarmaq, məlumat toplamaq, reportaj hazırlamaq, ideyaların yayılmasını təmin etmək işində yeniliklər yaradır. Təkcə məlumatı tapmaq deyil, mətn qurmaq, dizayn etmək prosesində də rol alır. Bu kontekstdə yanaşsaq, son dəyişikliklər jurnalistikada texniki imkanlarla yanaşı, həm də iş mühitini, sosial şərtləri əsaslı şəkildə dəyişir. Bir sözlə, “Süni intellekt” global informasiya landşaftında inqilabi dəyişikliklərə yol açır. Bütün bu üstünlüklərlə yanaşı, “Süni intellekt” etimadlı informasiya əldə etmək hüququ baxımından problemlər yaradır. Rəqəmsal texnologiyalar dövründə

gündəlik xəbər dövriyyəsi təkcə etibarlı, düzgün məlumatlardan ibarət deyil. “Yanlış xəbər”, “saxta xəbər”, “dezinformasiya” da xəbər dövriyyəsində böyük paya malikdir. Analitik mərkəzlər qeyd edirlər ki, “saxta xəbər”in global informasiya dövriyyəsində gündəlik çəkisi 45–80 faiz aralığında dəyişir və dünya üçün ən aktual problemlərindən birinə çevrilir. “Saxta xəbər” insanları çaşdırır, səhv qərarlar verməsini, yanlış addımlar atmasını şərtləndirir: “Saxta xəbər”, “dezinformasiya” dünya üçün fəlakətə çevrilir”. “Süni intellekt”in etmadlı xəbər istehsalı sahəsində yaratdığı problemlərin sayı çoxdur. Beynəlxalq sənədlərdə bu problemlər 10 bənd üzrə qruplaşdırılır. Buna rəğmən, 2 bənd üzərində xüsusi dayanılır. Birinci bənd “Süni intellekt”in dezinformasiya yaradıcılığı və yayılmasında rolunu ehtiva edir. Qeyd olunur ki, xəbər istehsalçısı faktların araşdırılması, məlumatın toplanılması üçün “Süni intellekt” proqramlarından yararlanarkən nəzərə almalıdır ki, bu proqramlar təkcə etimadlı mənbələri, doğru məlumatları deyil, həm də saxta xəbərləri, dezinformasiya mahiyyətli qondarma faktları tapır, toplayır, təqdim edir. Jurnalist “süni intellekt” proqramına qeyd-şərtsiz etimad göstərsə, saxta xəbərin təsirinə düşür. Yoxlanılmamış, dəqiqləşdirilməmiş məlumatların paylanılmasında iştirak edir. Tövsiyə edilir ki, peşəkar media etimadlı məzmun yaratmaq üçün “Süni intellekt”(AI) vasitələrindən istifadə edərkən, proqram tərəfindən təqdim edilmiş məzmunu təkrarən nəzərdən keçirməli, onun həqiqiliyini yoxlamalı, məsuliyyətli davranmalıdır. Həmçinin məzmun yaradarkən “Süni intellekt” alətlərindən istifadə etdiyini oxucuya çatdırmalı, ictimaiyyəti xəbərdar etməlidir. “Süni intellekt” alətlərindən istifadə edilməsi yönündə diqqət çəkən ikinci məqam müəllif hüquqlarının pozulmasıdır. Proqram, adətən, jurnalistə təqdim etdiyi hazır mətnə faktların mənbəyini göstərmir, gerçək müəllifə istinad etmir. Beləliklə, müəllif hüquqlarının pozulmasına yol açır. Təsnifatda əks olunan digər 8 istiqamətin hər biri eyni formada aktualdır, həll edilməsi zəruridir. Yaranmış durum beynəlxalq jurnalist təşkilatlarının diqqətini çəkib. Problemin aradan qaldırılması yönündə fəaliyyətə başlayıb. 2023-cü il noyabrın 10-da “Süni intellekt və jurnalistika üzrə Beynəlxalq Xartiya” hazırlanaraq imzalanılıb. Sənəd ilkin mərhələdə 17 beynəlxalq jurnalist təşkilatı tərəfindən imzalanıb. Bu xartiya jurnalistlərin, redaksiyaların və media orqanlarının öz işlərində süni intellektdən istifadə qaydalarını müəyyən edir. Sənəddə qeyd olunur ki: “Texnoloji tərəqqi, rəqəmsal transformasiya, xüsusi olaraq süni intellekt alətlərindən istifadə amili jurnalistikanın, redaksiya işinin texniki, iqtisadi və sosial şərtlərini müsbət mənada dəyişir. Bununla yanaşı, yeni texnologiyalar, süni intellekt alətləri etimadlı informasiya əldə etmək baxımından problemlərə yol açır. Jurnalist yeni texnologiyalardan asılı duruma düşməməli, onlara öz vəzifəsini yerinə yetirmək üçün yardımçı vasitələr kimi yanaşmalıdır”. 10 maddədən ibarət olan xartiya “süni intellekt”in peşəkar media mühitinə təsirini detallı şəkildə əks etdirir. Problem və onun aradan qaldırılması üzrə aydın təsəvvür yaradır, onların aradan qaldırılması üçün istiqamət verir. Sənədin preambula hissəsində milli jurnalist ittifaqlarına tövsiyə edilir ki, xartıyanı imzalayanların sırasına qatılsınlar. Yaxud, özləri bu xartıyanın milli versiyasını hazırlasınlar. Avropa Müstəqil Mətbuat Şuraları Aliyansı da xartıyanı təqdir edib. Onun prinsiplərinə istinadən, milli kodekslərin yaradılması da tövsiyə olunub. Artıq bəzi ölkələrdə “Süni intellekt və media” üzrə Beynəlxalq Xartiyaya istinad edilərək, milli versiyalar hazırlanıb və qəbul edilib. Estoniya, Serbiya və digər ölkələr tərəfindən bu sahədə nümunə

göstərilib. Azərbaycan Mətbuat Şurasının icra etdiyi "Media landşaftı üzrə məlumat bazasının yaradılması" layihəsi çərçivəsində "Süni intellekt və media" üzrə Beynəlxalq Xartiyayı da tərcümə edərək öz saytında yerləşdirib. Ehtimal etmək olar ki, növbəti mərhələdə bu məsələ daha dərinlən işlənəcəkdir, "Süni intellekt və media" üzrə beynəlxalq prinsiplər Azərbaycan Jurnalistlərinin Etik Davranış Kodeksinə əlavə olunacaq.

Süni intellekt jurnalistikası süni intellektin gücünü jurnalistikanın prinsip və dəyərləri ilə birləşdirən sahədir. Jurnalistika kontekstində süni intellekt ilk olaraq darıxdırıcı və təkrarlanan (hesabat və statistik məlumatlar kimi) tapşırıqları yerinə yetirirdi. Süni intellektli proqramlar təkmilləşdikcə bu texnologiyaların jurnalistikada rolu daha da artır. Süni intellekt insan intellektindən asılıdır və ondan nə tələb edəcəyimizə biz qərar veririk. Süni intellekt texnologiyalarından uğurlu istifadə etmək üçün onun necə işlədiyini birbaşa təcrübə vasitəsilə öyrənmək və tətbiq etmək lazımdır. Süni intellekt texnologiyaları müasir jurnalistikanın bütün sahələrinə geniş şəkildə tətbiq olunur. Mətn tipli məlumatların intellektual analizi, multimedia resurslarının avtomatik aşkarlanması, toplanması, müəyyən formata gətirilməsi və digər optimallaşma məsələlərində süni intellekt texnologiyaları böyük əhəmiyyətə malikdir. Süni intellekt texnologiyaları əsasında hazırlanan xəbərlərdə qərəzlilik, reklam və şəxsi rəğbət izlərinin olmaması bu jurnalistikanın əsas xarakterik cəhətidir. Süni intellekt texnologiyalarına əsaslanan jurnalistika ictimaiyyətin maraqlarına xidmət etmək potensialına malikdir, fərdi məlumatların təhlükəsizliyi, xəbərlərdə şəffaflıq və hesabatlılıq məsələləri daxil olmaqla informasiya təhlükəsizliyində böyük imkanlar yaradır. Xəbərlərin əldə olunmasında, redaktə olunmasında, yayımında, bir sözlə, xəbər istehsalında və məruzələrin oxunmasında robot proqramlardan (botlardan) geniş istifadə olunur. Məsələn, mətnlərdə avtomatik şəkildə ümumiləşdirmələrin aparılmasında, hava proqnozunun hazırlanmasında, reklam bazarında mətni toplayan və emal edən xüsusi analitik sistemlərdən istifadə edilir (əsasən hesabat tipli məlumatların toplanmasında). Müasir dövrdə proqram təminatının köməyi ilə hazırlanmış xəbərlər tədricən xəbər hazırlanma sisteminin ayrılmaz bir hissəsinə çevrilib və nəticədə jurnalistika, kompüter elmləri və statistika sahələrinin qarşılıqlı şəkildə işləməsinə səbəb olub.

Süni intellekt (Sİ) çat-botlarına tez-tez "virtual köməkçilər" və ya "virtual agentlər" deyilir. Sİ çat-botları təbii dil emalı (NLP) kimi tanınan bir prosesdən istifadə edərək insan söhbətlərini izləmək üçün öyrədilmiş proqramlardır. NLP metodundan istifadə etməklə mətnin təhlili vasitəsilə biliklərin mənimsənilməsi mövzusu inkişaf etdirilə və təkmilləşdirilə bilər. NLP-nin köməyi ilə süni intellektlə işləyən çat-bot insan dilini yazıldığı kimi sərbəst şəkildə şərh edə və cavab verə bilər. Botların sürətli böyüməsi sosial media şirkətləri, jurnalistlər və məzmun yaradıcıları üçün yeni mənəvi və hüquqi dilemmalar yarada bilər. ChatGPT kimi süni intellekt çat-botları jurnalistika sahəsində geniş yayılıb. Hazırda bir çox xəbər təşkilatları süni intellekt texnologiyalarından istifadə edir. Ən çox istifadə olunan süni intellektli bot hazırda ChatGPT-dir. Ümumiyyətlə, botlar jurnalistlərə müsahibələr üçün suallar hazırlamağa kömək edə bilər. Müsahibə mövzusu üçün düşündüyünüz sualları sadalaya bilərsiniz və proqram onlardan sonra modelləşdirilmiş daha çox sual yaradacaq. ChatGPT redaktor kimi istifadə edilə bilər. Jurnalistlər əlavə edilən məlumatların doğruluğundan əmin olmaq üçün ChatGPT-nin etdiyi dəyişiklikləri nəzərdən keçirməli və

faktları yoxlamalıdır. Təqdim olunan ChatGPT-4o versiyası ilə kameranızı açaraq danışa bilərsiniz. Sizi anlayır və soruşduğunuz suala uyğun məlumat verir. İntonasiya ilə danışır və təbii reaksiyalar verir.

Reuters" xəbər agentliyinin xəbər təşkilatlarının rəhbərləri arasında apardığı sorğuda xəbər ortaqlarının 56 faizinin ondan avtomatlaşdırılmış məzmun yaratmaq üçün istifadə etdiyini, 37 faizinin tövsiyə sistemləri ilə tanış olmaq üçün, 28 faizinin ondan məzmun yaratmaq və satmaq üçün istifadə etdiyini müəyyən edib. "Reuters" xəbər agentliyi xəbərləri və tendensiyaları müəyyən etmək, həmçinin hər bir xəbər üçün foto və video seçimində "Lynx Insight" adlı süni intellekt çat-botundan istifadə edir. "BBC News" xəbər məqalələrini mövzuya görə müəyyən etmək və qruplaşdırmaq üçün "Juicer" adlı süni intellekt çat-botundan istifadə edir ki, bu da müxbirlərə əlaqəli məqalələrə tez və asanlıqla daxil olmaq imkanı verir. "The Washington Post" yerli idman və seçki nəticələri kimi mövzularda qısa məqalələr yazmaq üçün "Helioqraf" adlı süni intellekt çat-botundan istifadə edir.

Süni intellekt texnologiyaları, adətən, jurnalistlərin gördükləri yorucu və vaxt aparan işlərin öhdəsindən gələ bilər, bu işə jurnalistlərə vaxtlarını daha mürəkkəb və yaradıcı işlərə ayırmağa kömək edə bilər. Məlumatlarda orfoqrafik səhvi və qərəzlilik potensialını aradan qaldıraraq daha dəqiq və etibarlı məlumat yaradır. Süni intellekt çat-botları dil problemini aradan qaldıraraq bütün məlumatları əlçatan edir.

Süni intellekt son illərdə əhəmiyyətli irəliləyiş əldə etsə də, onun məhdudiyyətləri var. Yadda saxlamaq lazımdır ki, texnologiya (informasiya texnologiyaları) həm imkanlar, həm də problemlər gətirə bilər. Texnologiyada irəliləyişlər bəzi işləri sıradan çıxarmaqla yanaşı, həm də yenilərini yarada və maraqlı karyera yolları açə bilər. Xəbərlərin dürüstlüyünü və etibarlılığını təmin etmək üçün süni intellekt jurnalistikasında etik mülahizələr ön planda olmalıdır. Jurnalistikada süni intellektdən istifadə xəbərlərin daha dəqiq və etibarlı işıqlandırılmasına gətirib çıxara bilər, lakin proses boyu etik standartları qorumaq vacibdir.

Müasir cəmiyyət inkişaf etdikcə, süni intellektin insan fəaliyyətində və davranışında rolu artır. Müasir 4-cü sənaye inqilabı, kiberfiziki sistemlər və sosial media çağımızda insanlar bütün informasiya ehtiyaclarını ödəyə bilən daha yeni, daha ağıllı sistem istəyirlər. ChatGPT və digər süni intellektlə işləyən çat-botlar tam olmasa da, insanların bu ehtiyacını ödəyə bilər. Süni intellekt çat-botları artan səmərəlilik, dəqiqlik və əlçatanlıq daxil olmaqla, jurnalistika sahəsinə bir çox üstünlüklər təklif edir. Bununla belə, çətinliklər və məhdudiyyətlər nəzərə alınmalıdır.

THE ROLE OF AI IN DIGITAL PUBLIC ADMINISTRATION

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17429876>

Sona ALIYEVA

s.aliyeva.1a2s@gmail.com

Nakhchivan State University, Nakhchivan, Azerbaijan

XÜLASƏ

Bu məqalə süni intellektin (Sİ) rəqəmsal dövlət idarəçiliyindəki artan rolunu və dövlət sektorunda tətbiqinin genişləndiyini araşdırır. Süni intellekt, dövlət xidmətlərinin avtomatlaşdırılması, qərar qəbulunda verilən məlumatların təhlili və vətəndaşlara fərdi yanaşma kimi imkanlar sayəsində dövlət idarəetməsinin effektivliyini artırır. Sİ texnologiyaları, xüsusilə sənədlərin emalı, vətəndaş sorğularının cavablandırılması və dövlət qurumlarının arxa ofis əməliyyatlarını avtomatlaşdırmaqla xidmətin sürətini və keyfiyyətini yüksəldir. Eyni zamanda, Sİ dövlət siyasətinin formalaşdırılması və həyata keçirilməsində daha məlumatlı və ağıllı qərarların verilməsini təmin edir. Bu texnologiyalar həmçinin korrupsiyanın qarşısını almağa kömək edən alətlər kimi də işləyir, çünki onlar satınalma məlumatlarında şübhəli fəaliyyətləri aşkar edə bilər. Lakin, süni intellektin tətbiqi eyni zamanda etik məsələləri də gündəmə gətirir. Məsələn, məlumatların gizliliyi, alqoritmlərin ədalətsiz qərarları və ictimai nəzarətin olmaması kimi problemlər mövcuddur. Buna görə də, dövlətlər süni intellektdən istifadə edərkən şəffaflıq, ədalət və məsuliyyət prinsiplərinə əməl etməlidir. Nəticədə, süni intellekt, düzgün tətbiq olunduğu təqdirdə, daha şəffaf, effektiv və vətəndaşmərkəzli bir dövlət idarəetmə modelinin qurulmasına imkan yaradır.

Açar sözlər: *süni intellekt, rəqəmsal idarəetmə, dövlət idarəçiliyi, avtomatlaşdırma, effektivlik*

Introduction

In the 21st century, digital transformation is no longer an option for governments — it is a necessity. As societies become increasingly interconnected and citizens demand faster, more transparent, and personalized services, traditional models of public administration are under pressure to evolve. At the heart of this transformation lies artificial intelligence (AI), a powerful technological force that is rapidly reshaping the way governments operate and deliver services.

AI is enabling public institutions to move beyond manual, paper-based processes and into an era of intelligent automation, real-time analytics, and proactive governance. It is helping decision-makers navigate complexity by offering data-driven insights, streamlining operations through automation, and providing citizens with more accessible and efficient services. Whether through AI-powered chatbots answering thousands of citizen inquiries in seconds or machine learning algorithms helping predict public health trends, the potential of AI in public administration is immense.

However, this shift also raises critical questions: How can governments ensure that AI-driven systems remain transparent, fair, and accountable? What risks come with increased reliance on algorithmic decision-making in public policy? How can developing countries keep pace with these rapid technological changes?

This article delves into the evolving role of AI in digital public administration. It explores the transformative impact of AI on government services, highlights real-world

applications, and addresses the ethical, legal, and practical challenges that must be considered to ensure responsible and inclusive use of this technology in governance.

In an era where digital transformation is reshaping every facet of society, public administration is no exception. Artificial intelligence (AI) is increasingly playing a pivotal role in modernizing governance, improving public services, and making administrative processes more efficient and citizen-centric. From automating routine tasks to analyzing large datasets for informed policymaking, AI is revolutionizing how governments operate.

Enhancing Efficiency and Productivity

One of the most immediate and transformative benefits of artificial intelligence (AI) in public administration is its ability to significantly enhance operational efficiency and productivity. Governments, regardless of their size or structure, are tasked with managing large volumes of data and processes, many of which are not only time-consuming but also highly repetitive. This often leads to inefficiencies, backlogs, and delays in service delivery. AI-powered automation provides a powerful solution to these challenges, streamlining everyday tasks and optimizing workflows across various government departments. (Lacity, & Willcocks, 2018,530)

At the core of this automation are technologies such as chatbots and robotic process automation (RPA), which have already begun to revolutionize the way public services are delivered. Chatbots, for instance, are capable of handling thousands of citizen inquiries simultaneously, responding to questions regarding everything from taxes and permits to social services and public health guidelines. These AI systems can operate 24/7, offering citizens immediate responses without the need for human intervention. By automating these routine interactions, chatbots not only free up public sector employees to focus on more complex and critical tasks but also improve the overall responsiveness and accessibility of government services.

In addition to chatbots, RPA is another game-changing tool in the realm of AI-driven efficiency. RPA can automate a wide range of back-office operations that are traditionally manual and prone to human error. For example, in the payroll department, RPA can handle the processing of employee salaries, tax deductions, and benefits calculations, all while ensuring accuracy and compliance with government regulations. Similarly, in data management, RPA can automatically input and validate large datasets, reducing the time spent on data entry and minimizing errors that could affect decision-making. Compliance checks, which often involve tedious cross-referencing of records and policies, can also be automated using RPA, ensuring that public institutions adhere to regulations without overburdening their staff.

By incorporating AI into these administrative processes, governments are not only reducing the administrative burden on their workforce but also speeding up service delivery. The reduction in human involvement in routine tasks leads to faster processing times, which can significantly improve the overall citizen experience. For example, the time it takes for citizens to receive permits, licenses, or benefits can be reduced by automating the initial stages of application review. In doing so, AI allows for a more streamlined and efficient process, ensuring that public services reach those who need them more quickly and effectively.

Moreover, the ability of AI to handle routine tasks allows for better allocation of resources. Public sector employees can devote more time to higher-level activities such as

policy analysis, strategic planning, and direct citizen engagement. This shift from manual labor to more intellectual and decision-making tasks not only enhances the overall productivity of public administration but also leads to more innovative and effective governance.

As governments continue to explore and implement AI technologies, the potential for further improvements in efficiency and productivity grows exponentially. By automating repetitive tasks, reducing operational costs, and increasing service speed, AI is helping to transform public administration into a more agile, responsive, and citizen-centric system. However, the true benefits of AI in public administration can only be realized if governments invest in the right technologies, ensure proper training for their workforce, and maintain a balance between automation and the human touch that is essential in governance.

Data-Driven Decision Making

Governments are custodians of massive datasets, ranging from healthcare and education to transportation and social welfare. AI enables the extraction of meaningful insights from this data, aiding in evidence-based policymaking. Machine learning models can forecast public needs, identify emerging issues, and help design targeted interventions. In public health, for instance, AI algorithms can predict disease outbreaks or optimize resource allocation during a crisis. In urban planning, AI can analyze traffic patterns to design smarter transport systems. These capabilities allow public institutions to make more informed and proactive decisions.

Personalizing Citizen Services

One of the most compelling advantages of artificial intelligence (AI) in public administration is its ability to deliver personalized, responsive, and user-centric services. Traditionally, government services have been one-size-fits-all, often failing to account for the varying needs and preferences of individual citizens. However, AI is changing this dynamic by enabling governments to offer services that are not only more tailored to specific needs but also more intuitive and accessible. By leveraging sophisticated algorithms, machine learning, and data analysis, AI systems can analyze user behavior, preferences, and even demographic information to offer personalized recommendations that improve both the user experience and overall satisfaction.

For example, AI can analyze a citizen's past interactions with government portals and websites to recommend relevant services or information. A person who frequently accesses healthcare-related services might be guided toward preventive health resources, upcoming vaccination schedules, or information on new health policies. Similarly, AI systems can suggest benefits or support programs based on an individual's economic situation, location, or employment status, ensuring that citizens are informed about the services available to them.

This level of personalization does more than just improve service delivery—it helps build trust between the public and governmental institutions. When citizens feel that services are designed with their unique needs in mind, they are more likely to engage with these services, which in turn fosters a greater sense of legitimacy and satisfaction with the government. For instance, when a citizen receives a personalized recommendation or notification about a program or benefit they are eligible for, it not only makes them feel

valued but also encourages them to participate more actively in government offerings, thus deepening civic engagement. (Vial, 2019,p.13).

Furthermore, some governments are taking personalization a step further by experimenting with AI-driven digital assistants or virtual agents. These AI-powered tools can guide citizens through complex and often confusing procedures, such as filing taxes, applying for social benefits, or navigating healthcare systems. By providing step-by-step guidance, these digital assistants help citizens avoid errors, reduce stress, and understand their rights and responsibilities more clearly. In the case of filing taxes, for example, an AI assistant could help an individual navigate the various forms and provide advice on potential deductions, deadlines, or tax-saving strategies tailored to their unique financial situation.

AI-driven assistants are also valuable for improving accessibility, particularly for individuals with limited digital literacy or those who face barriers to traditional service delivery. These tools can be designed to interact through multiple channels—whether through voice commands, text-based chat, or easy-to-navigate interfaces—making them more user-friendly and reducing friction in the overall experience. For citizens who may struggle with navigating a website or filling out complex forms, an AI-driven assistant can serve as a helpful guide, providing real-time support and simplifying processes that might otherwise be overwhelming.

In addition to improving the user experience for individuals, personalized AI services can lead to more effective allocation of government resources. By understanding patterns of need, AI can help prioritize service delivery in a way that ensures resources are directed where they are most needed. For instance, in a region where certain social services are in higher demand, AI systems could identify these trends and recommend an increase in resource allocation or outreach, ensuring that no community is left behind.(Chui, Manyika, & Miremadi,2016,p.51)

The personalizing power of AI also enables governments to be more proactive rather than reactive. For example, AI can predict potential issues or needs based on user data and trends, allowing public institutions to anticipate citizen concerns before they escalate into larger problems. In this way, AI not only enhances responsiveness but also contributes to a more forward-thinking, anticipatory approach to public service.

However, while the potential for personalized citizen services is vast, it is crucial to recognize the privacy and ethical considerations involved. The more data AI systems analyze to tailor services, the more important it becomes to ensure that citizens' personal information is protected and used responsibly. Governments must strike a balance between personalization and safeguarding citizens' rights to privacy, ensuring that AI systems are designed with transparency, security, and fairness in mind.

In conclusion, AI has the potential to fundamentally transform the way governments engage with their citizens, offering services that are more relevant, personalized, and accessible. By analyzing data and predicting individual needs, AI can improve not only the efficiency of service delivery but also the quality of the citizen experience. With the right safeguards in place, personalized AI-driven services can foster greater trust in government institutions and contribute to a more inclusive, equitable, and responsive system of public administration.

Strengthening Governance and Oversight

Beyond improving service delivery and administrative efficiency, artificial intelligence holds significant potential in strengthening governance and oversight functions within public administration. By leveraging AI's capacity to analyze vast amounts of structured and unstructured data, governments can enhance their ability to detect anomalies, ensure regulatory compliance, and foster greater transparency and accountability in public affairs.(Binns, 2018,p.30)

One of the most promising applications lies in the area of public procurement—a sector historically vulnerable to inefficiencies, fraud, and corruption. AI algorithms can be trained to analyze procurement records, contract details, pricing trends, and bidding behavior to identify suspicious patterns or red flags. For instance, repeated contract awards to the same vendor without competitive bidding, or price anomalies compared to market averages, can be flagged automatically for further investigation. These capabilities empower oversight bodies and auditors with real-time insights, enabling them to act more quickly and accurately than ever before.

Additionally, AI can play a crucial role in monitoring social sentiment and public discourse. By analyzing data from social media platforms, news outlets, and citizen feedback channels, governments can gauge public response to policies, identify emerging issues, and adjust strategies accordingly. This kind of "digital pulse" can help decision-makers remain agile and responsive, while also enhancing the legitimacy of governance by aligning policies more closely with public needs and concerns.

AI is also being explored as a tool for predictive governance—anticipating potential governance challenges before they escalate. For example, predictive analytics can be used to forecast risks in infrastructure projects, monitor financial irregularities in government agencies, or even assess the likelihood of social unrest based on socio-economic indicators.

However, the use of AI in governance oversight is not without its risks. As powerful as these technologies are, they must be deployed with caution and guided by strong ethical principles. Surveillance capabilities, while useful in monitoring compliance or ensuring security, can easily infringe on individual privacy and civil liberties if not carefully regulated.(Mayer-Schönberger,& Cukier, 2013,33) Predictive policing and facial recognition technologies, in particular, have sparked global debates due to their potential for discriminatory outcomes, misuse, and lack of transparency.

Moreover, overreliance on opaque algorithms in decision-making processes can undermine accountability. If an AI system flags a citizen or organization for scrutiny without clear justification, and without avenues for appeal or explanation, it risks eroding public trust in institutions. Therefore, transparency, explainability, and human oversight must remain central to any AI-powered governance tool.

In conclusion, AI can significantly strengthen governance and oversight by enhancing detection, responsiveness, and transparency. But its success depends on how responsibly and thoughtfully it is implemented. Governments must strike a delicate balance—leveraging AI's analytical power to improve oversight and public trust, while safeguarding fundamental rights and ensuring that technology remains a servant to, not a substitute for, human judgment and democratic accountability.

Challenges and Ethical Considerations

Despite its promise, integrating AI into public administration presents several challenges. Data quality, infrastructure limitations, and lack of technical expertise can

hinder effective implementation. Moreover, the use of AI must be guided by strong ethical frameworks to ensure fairness, transparency, and accountability.

Governments must be vigilant about algorithmic bias, particularly when AI is used in sensitive areas such as welfare distribution, law enforcement, or immigration. Transparent decision-making processes and public oversight are essential to maintaining trust.

The Path Forward

To fully realize the benefits of AI, public administrations must invest in digital infrastructure, workforce training, and regulatory frameworks. Collaboration with academia, the private sector, and civil society can help ensure that AI systems are both innovative and aligned with democratic values.

Ultimately, AI should be seen as a tool to augment—not replace—human judgment in public administration. When implemented thoughtfully, it has the potential to create more responsive, efficient, and inclusive governments that are better equipped to meet the needs of their citizens in a digital age.

Conclusion

The integration of artificial intelligence into digital public administration represents one of the most significant shifts in the way governments interact with citizens and manage public affairs. As AI technologies become more advanced and accessible, their ability to transform public services—from streamlining internal processes to providing real-time support for citizens—is increasingly evident. Governments across the globe are already leveraging AI to make faster, smarter, and more equitable decisions, offering a glimpse into a future where administrative systems are not only more efficient but also more responsive and adaptable to societal needs.

However, the journey toward AI-enabled governance is not without its challenges. While automation and intelligent systems can reduce costs and increase efficiency, they also raise serious concerns related to privacy, surveillance, algorithmic bias, and loss of human oversight. Public trust, a cornerstone of effective governance, can quickly erode if AI systems are perceived as opaque, discriminatory, or prone to error. Moreover, the digital divide remains a pressing issue, as not all regions or populations have equal access to the infrastructure or digital literacy needed to fully benefit from AI-enhanced services.

Ethical governance of AI must therefore be a top priority. Governments must adopt clear regulatory frameworks, ensure transparency in algorithmic decision-making, and actively involve citizens and experts in the design and deployment of AI systems. Equally important is the development of public sector capacity—training civil servants, investing in innovation, and fostering cross-sector collaboration to build a digitally literate and future-ready workforce.

In this context, artificial intelligence should not be viewed as a replacement for human governance, but as a powerful tool to enhance it. When applied thoughtfully, AI can help public institutions become more predictive, participatory, and inclusive—bridging the gap between citizens and the state. It can empower policy-makers with real-time insights, reduce administrative burdens, and foster more personalized and effective service delivery.

As we move deeper into the digital age, the role of AI in public administration will continue to expand. The choices made today in terms of policy, ethics, and investment will shape how this technology is used tomorrow. With a balanced approach that combines

innovation with accountability, AI has the potential to build more resilient, transparent, and citizen-centric governance systems—redefining the relationship between governments and the people they serve.

References:

1. Binns, R. (2018). *The Ethics of Artificial Intelligence and Robotics*. Stanford Encyclopedia of Philosophy.
2. Chui, M., Manyika, J., & Miremadi, M. (2016). *Where Machines Could Replace Humans—and Where They Can't (Yet)*. McKinsey Quarterly.
3. Lacity, M. C., & Willcocks, L. P. (2018). *Robotic Process Automation: The Next Transformation in Public Sector Work*. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 28(4), 524-540.
4. Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2013). *Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think*. Houghton Mifflin Harcourt.
5. Vial, G. (2019). *Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda*. *Journal of Strategic and International Studies*, 15(2), 1-15.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ТЕЛЕВИДЕНИИ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17429880>

Сюсан ГУЛИЕВА

Бакинский филиала МГУ имени М.В.Ломоносова, Баку, Азербайджан

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе рассматривается влияние цифровизации на работу телевидения. Автор показывает, как под влиянием информационных технологий происходят изменения в деятельности телевизионных компаний. Переход азербайджанских телеканалов на цифровой формат трансляции служит примером настоящего исследования.

В данной статье также рассматриваются ключевые направления внедрения искусственного интеллекта (ИИ) в глобальной телевизионной индустрии. Анализируются практические примеры применения ИИ на различных этапах медиапроизводства, включая генерацию контента, персонализацию, автоматизацию постпродакшн-процессов, использование виртуальных ведущих и аналитических систем. Делается вывод о трансформирующей роли ИИ в современном медиaprостранстве.

Ключевые слова: цифровизация, медиа, искусственный интеллект, мультимедиагизация, телевидение, социальные сети. .

Стремительное развитие информационно-коммуникационных технологий оказало влияние на все сферы жизнедеятельности. Средства массовой информации всегда подверглись техногенным изменениям. С самого начала своего создания телевидение прошло огромный путь развития – от аналогового до цифрового. Как известно развитие телевидения напрямую связано с развитием технологий. В последние десятилетия мы наблюдаем существенные изменения в работе телекомпаний, которые под воздействием информационных технологий и глобальной сети Интернет произвели изменения в своей работе. Сегодня актуальными стали вопросы интеграции и конвергенции телевидения.

Азербайджанское телевидение, начав свою деятельность в 1956 году, прошел славный путь развития. После распада СССР в стране начали появляться частные телекомпании. На сегодняшний день по данным Аудиовизуального совета в стране действует 11 (AzTV, İTV, Xəzər TV, Space TV, ATV, ARB TV, REAL TV, ARB 24, CBC Sport TV, Mədəniyyət TV, İdman TV) наземных общенациональных теле вещателей.¹ Цифровизация азербайджанского телевидения начался после 2000 годов. Впервые согласно постановлению Кабинета министров Азербайджанской Республики, было принято решение о целесообразности внедрения на территории республики европейского цифрового телевизионного стандарта DVB-T, а постановлением Кабинета министров от 2011 года утверждена «Программа внедрения и развития на территории Азербайджанской Республики системы цифрового телевизионного вещания DVB-T». Программа успешно завершилась в 2016 году.² Цифровизация теле вещания в Азербайджане не только способствовала технологической модернизации медиа сектора, но и стала важным шагом на пути к интеграции в глобальное информационное пространство, обеспечив населению доступ к качественным и современным формам телекоммуникационного контента.

Мультимедиагизация телевидения представляет собой один из ключевых трендов в развитии современной медиасреды, связанный с интеграцией различных форм контента — текста, аудио, видео, графики и интерактивных элементов — в едином информационном

пространстве. В Азербайджане данный процесс стал особенно актуальным на фоне перехода на цифровое вещание и стремительного распространения интернет-технологий.

Современные азербайджанские телеканалы всё чаще трансформируются в медиаплатформы, сочетающие в себе традиционные эфирные трансляции с цифровыми форматами вещания. Практически каждый крупный телеканал (например, AzTV, İTV) имеет собственные веб-сайты, мобильные приложения и активно представлен в социальных сетях, предоставляя пользователям доступ к контенту в режиме реального времени, в записи и в виде коротких фрагментов, адаптированных для мобильного потребления. Местные наземные телеведущие представлены в таких соцсетях и мессенджерах как Facebook, Instagram, Tik Tok, Telegram. Мобильные приложения активно используют лишь два телеканала – İTV и спутниковый вещатель Baku TV.

Современное телевидение всё активнее интегрирует технологии искусственного интеллекта, реагируя на вызовы цифровизации, изменяющиеся запросы аудитории и растущую конкуренцию со стороны интернет-платформ. Использование ИИ выходит за рамки технической поддержки и становится стратегическим инструментом развития, позволяя телекомпаниям адаптироваться к новым условиям медиапотребления. Одной из первых сфер применения ИИ в телевидении стало создание текстов. Крупнейшие информационные агентства — такие как Bloomberg, Reuters и Associated Press — активно используют алгоритмы сводок. Виртуальные ведущие, созданные на основе генеративных нейросетей (в том числе deepfake-технологий), стали реальностью в таких странах, как Китай и Южная Корея. Например, государственное агентство Xinhua в Китае внедрило цифровых дикторов, способных вести прямые эфиры 24/7. Синтезированная речь и движущаяся мимика создают эффект живого присутствия, при этом исключая человеческий фактор.

Платформы Netflix, Disney+, Amazon Prime Video и другие стриминговые сервисы используют мощные алгоритмы ИИ для анализа поведения пользователей и построения индивидуальных рекомендаций. На основе истории просмотров, оценок и времени потребления контента формируются персонализированные ленты, что повышает вовлечённость зрителей и продлевает их время пребывания на платформе.

Интеграция искусственного интеллекта в телевизионную индустрию оказывает значительное влияние на все аспекты медиапроизводства. От автоматизации создания контента до персонализации пользовательского опыта и обеспечения безопасности эфира — ИИ становится неотъемлемой частью современного телевидения. Его применение способствует повышению эффективности, снижению затрат и улучшению качества предоставляемых услуг, открывая новые горизонты для развития медиасферы в цифровую эпоху.

XÜLASƏ

İnformasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı nəticəsində televiziyanın fəaliyyətində mühüm dəyişikliklər baş verir. Televiziya yarandığı andan birbaşa texnologiyanın inkişafından asılı olub və dəyişimlərə məruz qalıb. Sözügedən məqalədə müəllif tərəfindən Azərbaycan televiziya məkanının rəqəmsallaşma prosesi nəzərdən keçirilib. Analoq yayımlanma başlayaraq rəqəmsal yayıma keçid məsələsi də öz əksini tapıb.

Açar sözlər: *rəqəmsallaşma, media, suni intellekt, multimedia, televiziya, sosial şəbəkələr.*

ABSTRACT

This paper examines the impact of digitalization on the functioning of television. The author demonstrates how information technologies are transforming the operations of television companies. The transition of Azerbaijani TV channels to digital broadcasting serves as an example in this study. The digitalization process reflects Azerbaijan's broader commitment to aligning with global technological standards in the field of mass communication.

Key words: *digitilization, media, AI, content, television, sosial network*

ANDROID VƏ İOS ƏMƏLİYYAT SİSTEMLƏRİNDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17429883>

Taleh HAXVEDİYEV

talehhaxverdiyev91@ndu.edu.az

ORCID ID: 0009-0003-3679-4607

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Bu məqalədə, Android və iOS əməliyyat sistemlərində süni intellektin tətbiqi və inkişafı geniş şəkildə müzakirə olunub. Süni intellekt, müxtəlif alqoritmlər və maşın öyrənmə modelləri vasitəsilə mobil cihazlarda istifadəçilərin davranışlarını başa düşərək, onlara daha fərdiləşdirilmiş təcrübələr təqdim edir. Android-də Google Assistant, TensorFlow Lite və ARCore kimi alətlər bu texnologiyanın tətbiqinə misaldır. Google Assistant səsli əmrlər vasitəsilə istifadəçilərin gündəlik tapşırıqlarını yerinə yetirir, TensorFlow Lite isə offline rejimdə maşın öyrənmə tətbiqlərini işə salmağa imkan verir. ARCore isə artırılmış reallıq təcrübələri üçün istifadə olunur.

İOS platformasında isə Siri, Core ML və ARKit kimi alətlər süni intellektin inkişafını təmin edir. Siri səsli əmrlərlə istifadəçiyə xidmət edir, Core ML maşın öyrənmə modellərini optimallaşdırır və ARKit artırılmış reallıq təcrübələrini inkişaf etdirir.

Məqalə həmçinin ChatGPT və Shazam kimi məşhur süni intellekt tətbiqlərinə də toxunur. ChatGPT təbii dil işləmə ilə istifadəçilərlə ünsiyyət qurur, Shazam isə musiqi tanıma və analizini təmin edir. Gələcəkdə, süni intellektin daha çox sahələrdə istifadə ediləcəyi və istifadəçi təcrübələrini daha da şəxsiyyətləşdirəcəyi gözlənilir.

Nəticə etibarilə, Android və iOS əməliyyat sistemlərində süni intellektin tətbiqi mobil texnologiyaların gələcəyini formalaşdırır, istifadəçilərə daha ağıllı və şəxsiyyətləşdirilmiş təcrübələr təqdim edir. Bu texnologiyanın inkişafı, mobil ekosistemin daha da zənginləşməsinə gətirib çıxaracaq.

Açar sözlər: Süni intellekt, Mobil texnologiyalar, Android və iOS, Google Assistant, ChatGPT.

GİRİŞ

Son onilliklərdə süni intellekt (SI) və onun mobil texnologiyalarla inteqrasiyası dünyanı sürətlə dəyişdirib. İstifadəçi təcrübəsinin daha ağıllı və şəxsiyyətləşdirilmiş olması ilə yanaşı, mobil cihazlar da yeni funksiyalar və imkanlar təklif edir. Android və iOS əməliyyat sistemləri, bu dəyişikliklərin önündə gedərək, mobil cihazların daha "ağıllı" olmasını təmin edir. Bu məqalədə, Android və iOS platformalarında süni intellektin tətbiqi və inkişafı, xüsusilə istifadəçilərin gündəlik həyatında əhəmiyyətli olan tətbiqlər və sistemlər geniş şəkildə müzakirə olunacaqdır.

Süni intellektin tətbiqi, müxtəlif alqoritmlərin və maşın öyrənmə modellərinin mobil cihazlarda istifadə edilməsi ilə həyata keçirilir. Bu alqoritmlər, mobil cihazların istifadəçilərin davranışlarını başa düşməsinə, onların ehtiyaclarına uyğun cavab verməsinə və daha fərdi təcrübələr təqdim etməsinə imkan verir. Məqalədə həmçinin ChatGPT, Shazam kimi məşhur süni intellekt tətbiqləri və onların mobil ekosistemdəki rolu müzakirə olunacaq.

Android əməliyyat sistemi və süni intellekt.

Android əməliyyat sistemi, dünya üzrə ən çox istifadə edilən mobil platformadır. Google, Android-də süni intellekt tətbiqlərini inkişaf etdirmək üçün müxtəlif alətlər və alqoritmlər təqdim edir. Bu alətlər, istifadəçilərə daha səmərəli, şəxsiyyətləşdirilmiş və ağıllı təcrübələr təqdim etmək məqsədi güdür.

1. Google Assistant: Təbii dil işləmə və səsli köməkçilik

Google Assistant, Android cihazlarında istifadəçilərə səsli əmrlərlə xidmət göstərən ən məşhur süni intellekt tətbiqlərindən biridir. Google Assistant, təbii dil işləmə (NLP) texnologiyalarından istifadə edərək istifadəçilərin müxtəlif sorğularını başa düşür və buna uyğun cavab verir. Google Assistant, həmçinin istifadəçinin davranışını öyrənərək, onun tələblərinə daha yaxşı uyğunlaşır [1].

Süni intellektin burada rolu, çoxsaylı məlumatları analiz edərək ən uyğun cavabları verməkdir. Bununla yanaşı, Google Assistant müxtəlif tətbiqlərlə inteqrasiya olunmuşdur, bu da ona gündəlik həyatdakı çox sayda tapşırığı yerinə yetirməyə imkan verir. Məsələn, istifadəçilər səsli əmrlə zəng edə bilər, xəbər oxuya bilər, hava durumunu öyrənə bilər və hətta ev avtomatlaşdırma sistemlərini idarə edə bilərlər.

2. TensorFlow Lite: Maşın öyrənmə və performansın yüksəldilməsi

Android əməliyyat sistemində süni intellekt tətbiqlərinin inkişafında mühüm yer tutan digər bir texnologiya TensorFlow Lite-dır. Google tərəfindən inkişaf etdirilən bu alət, Android cihazlarında maşın öyrənmə modellərinin real vaxtda işləməsini təmin edir. TensorFlow Lite, cihazların prosessor resurslarını optimallaşdıraraq, tətbiqlərin sürətli və effektiv işləməsini təmin edir [2].

TensorFlow Lite-in xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, o, ağıllı tətbiqlərin offline rejimdə işləməsinə imkan verir. Bu xüsusiyyət, internet bağlantısının zəif olduğu və ya heç olmadığı ərazilərdə belə, süni intellektdən faydalanmağa imkan yaradır. TensorFlow Lite, həmçinin, cihazların öyrənmə qabiliyyətlərini artıraraq, istifadəçilərə daha fərdi və düzgün təcrübə təqdim edir.

3. ARCore və artırılmış reallıq: Gələcək texnologiyalarının tətbiqi

Google-ın ARCore platforması, Android cihazlarında artırılmış reallıq təcrübələrini inkişaf etdirmək üçün istifadə olunur. ARCore, mobil cihazların kamerası və sensorları vasitəsilə mühitin 3D görüntüsünü yaradır. Süni intellekt burada görüntü tanıma və obyektin mühitdə necə yerləşəcəyini təhlil etmə funksiyalarını yerinə yetirir [3].

Bu texnologiya, istifadəçilərə interaktiv təcrübələr təqdim edir və müxtəlif sahələrdə tətbiq olunur. Məsələn, təhsil sahəsində, ARCore istifadə edərək, dərsləri daha əyləncəli və interaktiv etmək mümkündür. Eyni zamanda, oyunlar və ticarət sahələrində də ARCore platforması böyük rol oynayır.

iOS əməliyyat sistemi və süni intellekt.

Apple iOS əməliyyat sistemi üzərində süni intellektin tətbiqi və inkişafını davam etdirərək, istifadəçilərə daha ağıllı və şəxsiyyətləşdirilmiş təcrübələr təqdim edir. iOS platformasında süni intellekt tətbiqləri və alətləri, əsasən Core ML, Siri və ARKit-dən ibarətdir.

1. Siri: Təbii dil işləmə və səsli köməkçilik

Apple-ın Siri səsli köməkçisi, iOS cihazlarında süni intellektin ən məşhur tətbiqlərindən biridir. Siri, təbii dil işləmə texnologiyası ilə işləyir və istifadəçilərin səsli

əmərlərinə cavab verir. Siri-nin inkişafı, zamanla daha da ağıllı olmasına və istifadəçinin şəxsi ehtiyaclarına daha yaxşı uyğunlaşmasına imkan verib [4].

Siri istifadəçilərin yerini, maraqlarını və gündəlik vərdişlərini izləyərək, onlara daha fərdiləşdirilmiş təkliflər təqdim edir. Məsələn, Siri, istifadəçinin iş saatlarını nəzərə alaraq, ona ən uyğun vaxtlarda xatırlatmalar göndərir və ya səyahət planlarını asanlaşdırır.

2. Core ML: Maşın öyrənmə və performansın yüksəldilməsi

Apple-ın Core ML kitabxanası, iOS cihazlarında süni intellektin tətbiqi üçün güclü bir alətdir. Core ML, maşın öyrənmə modellərini cihazda optimallaşdırılmış şəkildə işə salır və istifadəçilərə daha sürətli və şəxsiyyətləşdirilmiş təcrübələr təqdim edir [5].

Core ML-in əsas üstünlüyü, maşın öyrənmə modellərinin cihazda işləyərək, internet bağlantısına ehtiyac olmadan işləməsidir. Bu, xüsusilə məlumatın məxfiliyinə önəm verən istifadəçilər üçün böyük bir üstünlükdür.

3. ARKit və artırılmış reallıq: İntellektual təcrübələr

Apple-ın ARKit platforması, iOS cihazlarında artırılmış reallıq (AR) tətbiqlərinin yaradılmasına imkan verir. ARKit, süni intellekt və görüntü tanıma texnologiyalarını birləşdirərək, istifadəçilərə interaktiv və şəxsiyyətləşdirilmiş təcrübələr təqdim edir. ARKit-in xüsusiyyətləri, 3D obyektləri real mühitə inteqrasiya etmək və istifadəçinin çevrəsini daha yaxşı başa düşməkdir [6].

Bu texnologiya, xüsusilə oyunlar, təhsil və ticarət sahələrində geniş istifadə olunur. ARKit, istifadəçilərə mühitləri analiz etmə və interaktiv təcrübələr yaratma qabiliyyəti verir.

ChatGPT, Shazam və digər süni intellekt proqramları.

Bundan əlavə, ChatGPT kimi süni intellekt tətbiqləri də mobil cihazlarda geniş tətbiq olunur. ChatGPT, istifadəçilərlə təbii dildə söhbət edərək, məlumatları təqdim edən və suallara cavab verən bir alqoritmdir. Bu tətbiq, istifadəçilərin müxtəlif ehtiyaclarına uyğun olaraq, avtomatik olaraq məzmun yarada və onları aydın şəkildə təhlil edə bilir [7].

Shazam, digər bir məşhur süni intellekt tətbiqidir. Bu tətbiq, istifadəçilərin ətraf mühitdəki musiqi parçalarını tanıyaraq, onların haqqında məlumat verir. Shazam, görüntü tanıma və audio analizi kimi süni intellekt texnologiyalarından istifadə edərək, çox sürətli və doğru musiqi identifikasiyası təqdim edir [8].

Android və iOS əməliyyat sistemlərində süni intellektin gələcəyi olduqca parlaqdır. Bu texnologiyalar daha da inkişaf edəcək və istifadəçilərin təcrübələrini daha da şəxsiyyətləşdirəcək. Gələcəkdə, süni intellektin aşağıdakı sahələrdə daha geniş istifadə olunacağı gözlənilir:

1. Həssas İstifadəçi Təcrübəsi: Süni intellekt, istifadəçinin vərdişlərinə, davranışlarına və ehtiyaclarına daha yaxşı uyğunlaşaraq, onun gündəlik həyatını daha da asanlaşdıracaq.
2. Maşın Öyrənmə və İntellektual Tətbiqlər: Maşın öyrənmə modelləri daha mürəkkəb olacaq və daha çox sahədə tətbiq ediləcək.
3. Qabaqcıl AR və VR Texnologiyaları: Artırılmış və virtual reallıq təcrübələri daha inkişaf etmiş olacaq və daha çox sahədə istifadə olunacaq.

NƏTİCƏ

Android və iOS əməliyyat sistemlərində süni intellektin tətbiqi, mobil cihazların gələcəyini formalaşdırır. Bu texnologiyalar, istifadəçilərə daha ağıllı, şəxsiyyətləşdirilmiş və

fərdiləşdirilmiş təcrübələr təqdim edir və mobil texnologiyaların daha səmərəli olmasına imkan verir. Süni intellektin inkişafı, mobil ekosistemin gələcəkdə daha da zənginləşməsini təmin edəcək.

ƏDƏBİYYAT:

1. Sutton R. S., & Barto A. G. (2018). Reinforcement Learning: An Introduction (2nd ed.). MIT Press.
2. Silver D., Huang, A., Maddison C. J., et al. (2016). Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *Nature*, 529(7587), 484-489.
3. Goodfellow I., Bengio Y., & Courville A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
4. Chittaranjan G., & Ranganath S. (2016). A Survey of Machine Learning in Mobile Computing: Applications and Challenges. *Journal of Mobile Computing*, 6(3), 204-220.
5. He K., Zhang X., Ren S., & Sun J. (2015). Deep Residual Learning for Image Recognition. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*.
6. Hinton G. E., & Salakhutdinov R. R. (2006). Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks. *Science*, 313(5786), 504-507.
7. ChatGPT, OpenAI. (2023). The role of natural language understanding in virtual assistants. OpenAI.
8. Shazam. (2023). Shazam and its machine learning-driven music identification technology. Shazam Technologies.

SUMMARY

Taleh HAKHVEDİYEV

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ANDROID AND IOS OPERATING SYSTEMS

This article extensively discusses the application and development of artificial intelligence (AI) in Android and iOS operating systems. AI, through various algorithms and machine learning models, understands user behavior on mobile devices and provides more personalized experiences. In Android, tools such as Google Assistant, TensorFlow Lite, and ARCore are examples of the application of this technology. Google Assistant performs daily tasks for users through voice commands, TensorFlow Lite enables machine learning applications to run offline, and ARCore is used for augmented reality experiences.

On the iOS platform, tools like Siri, Core ML, and ARKit support the development of AI. Siri serves users through voice commands, Core ML optimizes machine learning models, and ARKit enhances augmented reality experiences.

The article also touches on popular AI applications such as ChatGPT and Shazam. ChatGPT interacts with users through natural language processing, while Shazam provides music recognition

and analysis. In the future, AI is expected to be used in more fields, further personalizing user experiences.

In conclusion, the application of AI in Android and iOS operating systems shapes the future of mobile technologies, offering users smarter and more personalized experiences. The development of this technology will contribute to the further enrichment of the mobile ecosystem.

Keywords: Artificial Intelligence, Mobile Technologies, Android and iOS, Google Assistant, ChatGPT.

TURİZMDƏ VƏ TURİZM İŞİNİN TƏŞKİLİNDƏ SÜNİ İNTELLEKT

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17429890>

Taleh HAXVEDİYEV

talehhaxverdiyev91@ndu.edu.az

ORCID ID: 0009-0003-3679-4607

Cəfər CƏFƏROV

ceferceferov062@gmail.com

ORCID ID: 0009-0000-6721-4749

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Süni intellekt (SI) texnologiyalarının turizm sektorunda tətbiqi son illərdə global miqyasda artan əhəmiyyət kəsb etmişdir. Bu texnologiyalar müştəri xidmətlərinin təkmilləşdirilməsi, məlumat analitikası və əməliyyatların optimallaşdırılması sahələrində istifadəyə verilir. Süni intellekt vasitəsilə xidmətlərin şəxsiləşdirilməsi, müştəri təcrübələrinin təkmilləşdirilməsi və əməliyyatların effektivləşdirilməsi mümkün olur. Azərbaycan turizm sektorunda isə süni intellektin tətbiqi daha çox otellərdə, turizm agentliklərində və rezervasiya sistemlərində istifadə olunur. Bu texnologiyalar, müştərilərin üstünlüklərini nəzərə alaraq fərdi xidmətlər təklif edir və əməliyyat proseslərini optimallaşdırır.

Məqalədə süni intellektin turizm sahəsindəki əsas tətbiqləri və onun Azərbaycan turizm sektoruna təsiri araşdırılıb. Məsələn, süni intellekt əsasında virtual turlar, ağıllı otel xidmətləri, müştəri məlumatlarının təhlili və avtomatlaşdırılmış rezervasiya sistemləri mövcuddur. Bu tətbiqlər müştəri məmnuniyyətini artırır və turizm şirkətlərinə gəlir optimallaşdırma imkanı verir.

Azərbaycan bazarında süni intellektin istifadəsi nisbətən yenidir, lakin bu texnologiyalar artıq turizm şirkətlərinin inkişafına müsbət təsir göstərməkdədir. Gələcəkdə, süni intellektin daha geniş tətbiqi və innovativ xidmətlərin təqdim edilməsi gözlənilir. Bu texnologiyalar, həm yerli, həm də beynəlxalq səviyyədə rəqabət qabiliyyətini artırmağa kömək edəcəkdir.

Nəticə olaraq, süni intellekt turizm sektorunun inkişafına və müştəri təcrübəsinin təkmilləşdirilməsinə böyük töhfə verir. Gələcəkdə daha geniş tətbiqlərlə bu sahə daha da inkişaf edəcək və turizm müəssisələrinə daha yüksək səviyyəli xidmətlər təqdim etməyə imkan yaradacaqdır.

Açar sözlər: *Süni intellektin turizm tətbiqləri, Virtual turlar, Ağıllı otel xidmətləri, Süni intellektlə rezervasiya sistemləri, Müştəri təcrübəsi, Məlumat analitikası və fərdiləşdirmə, Dinamik qiymət təyini*

GİRİŞ

Süni intellekt (SI) texnologiyalarının turizm sektorunda tətbiqi son illərdə global miqyasda getdikcə artan əhəmiyyət kəsb etmişdir. Bu texnologiyalar, təkcə xidmətlərin keyfiyyətini artırmaqla kifayətlənmir, həm də müştəri təcrübəsinə fərdiləşdirir, əməliyyatları optimallaşdırır, marketinq strategiyalarını gücləndirir və səyahət sənayesində yeni imkanlar yaradır. Turizm sektoru öz dinamik inkişafı ilə süni intellektin imkanlarından yararlanmağa başladıqca, bu sahədə baş verən dəyişikliklər həm yerli, həm də beynəlxalq səviyyədə böyük maraq doğurur. Məqalədə süni intellektin turizm sahəsində necə tətbiq olunduğu və bu tətbiqlərin Azərbaycan turizm sektorundakı inkişafına necə təsir göstərdiyi araşdırılacaqdır.

Süni intellekt texnologiyalarının turizm sahəsində tətbiqi, əsasən, müştəri xidmətlərinin təkmilləşdirilməsi, məlumat analitikası və əməliyyatların optimallaşdırılması ilə bağlıdır. Turizm şirkətləri, otellər, aviakompaniyalar və digər turizm obyektləri süni intellektdən istifadə edərək həm müştəri məmnuniyyətini artırır, həm də daxili əməliyyatları daha səmərəli və effektiv edir.

Müştəri xidmətlərinin avtomatlaşdırılması sahəsində süni intellektin tətbiqi ən sürətli inkişaf edən sahələrdəndir. Süni intellekt, otellər və turizm şirkətləri üçün bir neçə müsbət aspekt təqdim edir. Məsələn, müştəri suallarını 24 saat ərzində cavablandıran chatbotlar və virtual köməkçilər, bilet satışını asanlaşdırır, otel otaqlarının bronlaşdırılması prosesini sürətləndirir və müştərilərin səyahət təcrübələrini şəxsiləşdirir. Bu texnologiyalar həmçinin müştərilərin seçimini əvvəlki səyahətləri və maraqları əsasında təhlil edərək, fərdi təkliflər irəli sürür, nəticədə müştəri məmnuniyyətini artırır və təkrar sifarişləri təşviq edir.

Məlumat analitikası süni intellektin turizm sektorundakı ən güclü tərəflərindən biridir. Süni intellekt müştəri davranışlarını izləyir, onların əvvəlki səyahət təcrübələrini, seçimlərini və maraqlarını təhlil edərək xidmətləri fərdiləşdirir. Məsələn, süni intellekt əsaslı sistemlər müştərilərin hansı otellərə, əyləncə fəaliyyətlərinə və restoranlara üstünlük verdiyini müəyyən edir və ona uyğun təkliflər irəli sürür. Həmçinin, bu texnologiyalar bazar təhlilinə kömək edir və daha yaxşı strateji qərarlar qəbul etməyə imkan verir. Bu, təkcə müştəri məmnuniyyətini artırmaqla kifayətlənmir, həm də turizm sahəsində daha çox şəffaflıq və dəqiqlik təmin edir.

Süni intellekt əməliyyatların optimallaşdırılmasında əvəzsiz rol oynayır. Bu texnologiyalar, otellərin, turizm şirkətlərinin və digər müəssisələrin resurslarını səmərəli şəkildə idarə etmələrinə kömək edir. Məsələn, süni intellekt, otel otaqlarının bronlaşdırılması, müştəri şikayətlərinin idarə edilməsi və personalın iş vaxtı ilə bağlı optimallaşdırma təmin edir. Əməliyyat prosesləri avtomatlaşdırıldıqca, səhv məlumatların və təkrarlanan əməliyyatların qarşısı alınır. Bu da nəticədə xərclərin azalmasına və gəlirlərin artmasına səbəb olur.

Bundan əlavə, süni intellektin qiymət təyin etmə mexanizmləri, mövsümi dəyişikliklərə və bazar tələbinə uyğun olaraq qiymətləri təyin edərək turizm şirkətlərinin gəlirlərini optimallaşdırır. Bu texnologiyalar həmçinin qiymətlərin daha şəffaf və ədalətli olmasına kömək edir.

Azərbaycan kontekstində süni intellektin tətbiqi.

Azərbaycan turizm bazarında süni intellektin tətbiqi hələ nisbətən yeni olsa da, bu sahədə müsbət irəliləyişlər müşahidə olunur. Azərbaycanın turizm şirkətləri, otelləri və digər turizm müəssisələri süni intellektin imkanlarından istifadə edərək xidmət keyfiyyətini artırmağa çalışırlar.

Azərbaycan turizm bazarına süni intellektin tətbiqi, virtual turların təqdim edilməsi ilə də özünü göstərir. Bu texnologiyalar sayəsində, turistlər istədikləri məkanlarda virtual gəzintilər edərək səyahətə başlamadan əvvəl yerlər haqqında məlumat əldə edə bilirlər. Bu həm də turistlər üçün yeni bir təcrübə təqdim edir və onların səyahət seçimlərini asanlaşdırır. Virtual turlar, xüsusən də böyük şəhərlər və turizm mərkəzlərində turistlərə yeni yerləri kəşf etmək üçün faydalıdır (Süleymanov, 2023) [6].

Ağıllı otel xidmətləri Azərbaycan turizm sektorunda süni intellektin ən geniş tətbiq sahələrindən biridir. Otellər, müştərilərin əvvəlki təcrübələrini və üstünlüklərini nəzərə

alaraq fərdi xidmətlər təklif edirlər. Məsələn, müştəri əvvəlki qalmalarından sonra hansı növ otaqları seçibsə, otel həmin növ otaqları təklif edir və ya həmin müştəri üçün xüsusi endirimlər təklif olunur. Bu cür xidmətlər, müştərilərin təcrübəsini daha rahat və şəxsiləşdirilmiş edir. Əlavə olaraq, otellərin xidmətlərini və əməliyyatlarını izləyən süni intellekt sistemləri, xidmətlərin keyfiyyətini davamlı olaraq qiymətləndirir və onu daha da təkmilləşdirmək üçün yeni yollar təqdim edir.

Azərbaycanın turizm agentlikləri süni intellekt vasitəsilə müştərilərə fərdi turlar və xüsusi tədbirlər təşkil edir. Bu, turistlərin maraq və tələblərinə uyğun olaraq xüsusi səyahət planları yaratmağa imkan verir. Süni intellekt, həmçinin müştəri məlumatlarını təhlil edərək onların təcrübələrini zənginləşdirən müxtəlif əyləncə və təhsil fəaliyyətləri təklif edir. Bu cür xidmətlər turistlərə unikal təcrübələr təqdim edir və onları daha çox cəlb edir (Quliyeva, 2022) [8].

Süni intellektin turizm sektorunda rezervasiya və bronlaşdırma sistemlərinə tətbiqi.

Süni intellektin (SI) turizm sahəsində ən geniş istifadə olunan tətbiqlərindən biri, rezervasiya və bronlaşdırma sistemlərində baş vermiş inqilabi dəyişikliklərdir. Bu texnologiyalar müştərilərə xidmət göstərmə prosesini daha səmərəli və şəxsiləşdirilmiş şəkildə təşkil etməyə imkan verir. Turizm şirkətləri və otellər üçün bronlaşdırma sistemləri sadəcə müştəri məlumatlarını toplamağın ötesinə gedir, həm də bu məlumatlardan istifadə edərək optimal təkliflər hazırlayır və müştərilərin istəklərinə uyğun təcrübələr təqdim edir (Süleymanov, 2023) [6].

Süni intellekt əsasında qurulmuş bronlaşdırma sistemləri, müştərilərin istəklərini, maraqlarını və əvvəlki səyahət təcrübələrini analiz edərək fərdi təkliflər təqdim edir. Məsələn, bir müştəri əvvəlki səyahətində müəyyən bir növ otaqda qalmışsa və ya xüsusi bir turistik fəaliyyətə üstünlük vermişsə, süni intellekt sistemləri həmin məlumatları izləyərək gələcəkdə bu müştəriyə bənzər təkliflər irəli sürür. Bu, müştərinin təcrübəsini daha şəxsiləşdirir və səyahət seçimlərini asanlaşdırır. Bu cür tətbiqlər, həmçinin müştərinin səyahət tələblərinə cavab verən avtomatlaşdırılmış və ağıllı rezervasiya sistemlərini mümkün edir, bu da insan faktorunun yaratdığı səhv və pozuntuları minimuma endirir (Zeynallı, 2022) [7].

Süni intellektin bronlaşdırma sistemlərinə integrasiyası ilə müştərilər istədikləri zaman, istədikləri yerdən, məsələn, veb sayt və ya mobil tətbiq vasitəsilə rezervasiya prosesini asanlıqla başa çatdırı bilirlər. Bu, yalnız müştərilərin daha sürətli xidmət almasını təmin etmir, həm də turizm müəssisələrinin iş yükünü azaldır. Avtomatlaşdırılmış sistemlər bronlaşdırma prosesində baş verə biləcək səhvləri minimuma endirir və xidmətin daha yüksək dəqiqliklə təmin olunmasına kömək edir (Məmmədov və Əliyeva, 2019) [3]. Bu cür texnologiyalar həmçinin tələbin yüksək olduğu dövrlərdə – məsələn, mövsümün pik dövründə – resursların daha düzgün və səmərəli şəkildə idarə edilməsinə imkan verir.

Rezervasiya sistemləri, süni intellekt vasitəsilə yalnız müştəri seçimlərini təhlil etmir, eyni zamanda mövsümi dəyişiklikləri və bazar tələblərini nəzərə alaraq dinamik qiymət təyini həyata keçirir. Məsələn, yüksək mövsümdə və ya xüsusi tətil dövrlərində qiymətlər süni intellekt sistemləri tərəfindən real vaxtda təhlil edilərək təyin edilir. Bu, həm turizm şirkətlərinin gəlirlərini optimallaşdırır, həm də müştərilərin daha şəffaf və ədalətli qiymət təklifləri ilə qarşılaşmasını təmin edir (Əhmədova, 2020) [5].

Süni intellekt, həmçinin müxtəlif mövsümlərdə və bazar şəraitində verilən qiymətləri optimallaşdıraraq turizm şirkətlərinin gəlirlərini daha effektiv şəkildə idarə etməsinə kömək edir. Məsələn, süni intellekt əsaslı sistemlər, xüsusi bir tətil dövrü və ya yüksək tələbatın olduğu bir vaxtda otaq brönlərini təhlil edərək ən uyğun qiymətləri təklif edir və bununla da tələbi qarşılıyır. Bu optimallaşdırma, həmçinin müştəri tələbinin çox olduğu vaxtlarda otaqların optimal şəkildə bölüşdürülməsi və təkrarlanan əməliyyatların qarşısının alınması üçün imkan yaradır (Həsənov, 2021) [2].

Bundan əlavə, süni intellektin tətbiqi, turizm sahəsində müştəri xidmətləri keyfiyyətini artırmaqla yanaşı, müəssisələrin əməliyyatlarını daha şəffaf və effektiv edir. Məsələn, otellər və turizm agentlikləri müştəri məlumatlarını təhlil edərək, müştərilərin ən çox istifadə etdiyi xidmətləri və sevdikləri təcrübələri müəyyən edir. Bu məlumatlara əsaslanaraq, sistemlər müştəriyə ən uyğun təklifləri təqdim edir. Bu, müştəri məmnuniyyətini artırmaqla yanaşı, həm də müəssisənin gəlirini optimallaşdırmağa kömək edir (Süleymanov, 2023) [6].

Azərbaycan turizm bazarında süni intellektin tətbiqi, xüsusilə müasir otel və turizm şirkətlərinin inkişafına müsbət təsir göstərməkdədir. Ölkədə bir çox otel və turizm şirkəti süni intellektin imkanlarından istifadə edərək müştəri xidmətlərini və rezervasiya sistemlərini təkmilləşdirir. Bu texnologiyalar müştərilərə daha sürətli və şəxsiləşdirilmiş təkliflər təqdim edir, eləcə də şirkətlərə müştəri məlumatlarını təhlil edərək onlara ən uyğun xidmətləri təklif etməyə imkan yaradır (İsmayılov, 2021) [8]. Məsələn, Azərbaycan bazarında fəaliyyət göstərən bir neçə otel, müştəri davranışlarını izləyərək həmin şəxslərə özəlləşdirilmiş xidmətlər təqdim edir, məsələn, otel otaqlarının əvvəlki təcrübələrə uyğun olaraq təklif olunması..

Azərbaycanın turizm sektorunda süni intellekt texnologiyalarının gələcək inkişafı, rəqəmsal transformasiya və innovasiya sahələrində yeni imkanlar yaradacaqdır. Süni intellektin inkişafı ilə daha ağıllı və interaktiv xidmətlər təqdim ediləcəkdir. Gələcəkdə, xüsusilə süni intellektin tətbiqi ilə bağlı daha çox tədqiqatlar və tətbiqlər gözlənilir. Turizm şirkətləri, süni intellektin daha geniş istifadə sahələrini mənimsəyərək, xidmət keyfiyyətini daha da artıracaq və müştərilərə daha yaxşı təcrübə təqdim edəcəkdir (Həsənov, 2021) [2].

NƏTİCƏ

Süni intellektin turizm sektorunda tətbiqi yalnız xidmətin keyfiyyətini artırmaqla kifayətlənmir, həm də səyahət və rezervasiya təcrübəsini daha sürətli, şəxsiləşdirilmiş və müştəri dostu edir. Azərbaycan kimi inkişaf etməkdə olan bazarda, bu texnologiyanın tətbiqi, yalnız turizm sektorunun inkişafına töhfə verməklə kifayətlənməyib, həm də yerli və beynəlxalq səviyyədə rəqabət qabiliyyətinin artırılmasına gətirib çıxarır. Gələcəkdə süni intellektin bu sahədə daha geniş tətbiqi gözlənilir və bu da turizm müəssisələrinə daha da innovativ xidmətlər təklif etməyə imkan verəcəkdir.

ƏDƏBİYYAT

1. İ.Əsədov – “Turizmdə rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi: Süni intellektin rolu”. Azərbaycanın Turizm Sənayesi və İnnovasiyalar, (2020). 12(2), 45-59.
2. T. Həsənov – “Süni intellektin turizm sektorundakı tətbiqləri və gələcək perspektivləri”. Bakı Turizm və İqtisadiyyat Jurnalı, (2021). 8(4), 72-83.

3. R. Məmmədov & N.Əliyeva – “Ağıllı turizm və süni intellekt: Azərbaycanın turizm sektorunda yeni dövr”. Qafqazın Turizm İqtisadiyyatı, (2019). 5(3), 118-132.
4. H. Zeynallı – “Turizmdə süni intellekt və müştəri məmnuniyyəti”. Azərbaycan İqtisadiyyatında İnovasiyalar və Texnologiyalar, (2022). 11(1), 34-47.
5. S.Əhmədova – “Virtual turlar və süni intellekt: Turizm sahəsində yeni yanaşmalar”. Azərbaycanın İqtisadi və Sosial İnkişafı, (2020). 15(2), 22-39.
6. M. Süleymanov – “Süni intellektin otel sənayesində tətbiqi və xidmət keyfiyyəti”. Azərbaycan Otelçilik və Restoran Menecmenti, (2023). 7(1), 55-66.
7. F. İsmayılov – “Turizm sektorunda AI tətbiqlərinin müasir trendləri: Azərbaycan nümunəsi”. Beynəlxalq Turizm və İqtisadiyyat Jurnalı, (2021). 14(2), 89-101.
8. A. Quliyeva – “Turizm xidmətlərinin avtomatlaşdırılması və süni intellektin rolu”. Azərbaycan Turizmi: Təhlil və İnkişaf, (2022). 9(3), 50-63.

ABSTRACT

Taleh HAKHVEDİYEV

Jafar JAFAROV

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TOURISM AND THE ORGANIZATION OF TOURISM ACTIVITIES

The application of artificial intelligence (AI) technologies in the tourism sector has gained increasing importance globally in recent years. These technologies are being implemented in areas such as improving customer service, data analytics, and optimizing operations. Through AI, it is possible to personalize services, enhance customer experiences, and streamline operations. In the tourism sector of Azerbaijan, AI is primarily used in hotels, travel agencies, and reservation systems. These technologies offer personalized services based on customer preferences and optimize operational processes.

This article examines the key applications of AI in tourism and its impact on the tourism sector in Azerbaijan. For instance, virtual tours, smart hotel services, customer data analysis, and automated reservation systems are based on AI. These applications increase customer satisfaction and offer tourism companies the ability to optimize revenues.

The use of AI in Azerbaijan's tourism market is relatively new, but these technologies are already having a positive impact on the development of tourism companies. In the future, a wider application of AI and the provision of innovative services are expected. These technologies will help increase competitiveness both locally and internationally.

In conclusion, AI contributes significantly to the development of the tourism sector and the enhancement of customer experiences. With broader applications in the future, this field will continue to evolve, enabling tourism enterprises to offer higher-level services.

Keywords: Artificial intelligence applications in tourism, Virtual tours, Smart hotel services, AI-based reservation systems, Customer experience, Data analytics and personalization, Dynamic pricing.

SÜNI INTELEKTİN İQTİSADİYYATA TƏDBİQİ VƏ TƏSİRLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17429900>

Təhmasib QULUZADƏ

quluzade.tehmasib@mail.ru

Naxçıvan Dövlət Universiteti, İqtisadiyyat və marketinq kafedrası müəllimi

XÜLASƏ

İş dünyasından bir çox insan süni intellektə əsaslanan texnologiyalardan istifadənin gələcəkdə uğur üçün mühüm tələb olacağını bildirir. Süni intellektdən istifadənin rəqabətdə olduqları şirkətlərə qarşı üstünlük təmin edəcəyinə də inanılır. Müəssisələrdə süni intellektdən istifadəni qətiyyətlə davam etdirən menecerləri olan şirkətlər artan məhsuldarlıqla mənfəətin maksimumlaşdırılmasını təmin edir. Bu nəticələr süni intellekt texnologiyasının əhəmiyyətinin iş dünyası tərəfindən dərk edildiyinin göstəricisi kimi qiymətləndirilə bilər. "Sənaye 4.0" adlandırılan istehsalda insan əməyini azaldaraq ucuz işçi qüvvəsi ilə rəqabət aparan müəssisələrdə fiziki dünya ilə virtual mühiti sensorlar və internet vasitəsilə birləşdirən kiber-fiziki sistemlərdə süni intellekt texnologiyası mühüm rol oynayır. Bu sistemlərdə tədarük zəncirindən istehsala və hətta istehsaldan sonra müştərinin son istehlak mərhələsinə qədər olan prosesləri izləmək mümkündür. Bu məqalədə süni intellektin iqtisadiyyatın inkişafı üçün əhəmiyyəti araşdırılmış, süni intellektin iqtisadi inkişafa təsirləri tədqiq edilmişdir.

Açar sözlər: *süni intellekt, rəqəmsal iqtisadiyyat, süni intellekt iqtisadiyyatı, rəqəmsallaşma*

Giriş

İnformasiya texnologiyaları yarandığı gündən bu günə kimi çox böyük inkişaf və inteqrasiya yolu getmişdir. Təbii ki, bu inkişaf müxtəlif sahələrə, o cümlədən idarəetmə sahəsinə xüsusi ilə təsir etmişdir. İnformasiya texnologiyalarının və idarəetmənin informasiya sistemlərinin texniki təminatı bir-biri ilə daim qarşılıqlı əlaqədədir. Bu əlaqələrin toplusu informasiya və ya məlumat üzərində müxtəlif əməliyyatlar aparılması və informasiyanın təqdim edilməsinin müstəqil olaraq texniki vasitələrinin idarə edilməsi ilə təyin edilir. Hal-hazırda müxtəlif müəssisələrdə, təşkilat və firmalarda xarici və daxili əlaqələri, inzibati, hüquqi fəaliyyəti və işçi heyətini idarə etmək üçün müxtəlif vasitə, üsul və metodlar vardır. Müəyyən təşkilatda informasiya texnologiyalarından istifadə edilməsi şəraitində idarəetmə qərarlarının qəbul edilməsinin səmərəliliyinin və aktuallığının qorunması şərti ilə müəssisələrin maliyyə, təsərrüfat, ticarət, inzibati və s. kimi fəaliyyətlərin təhlil edilməsi müxtəlif metodlara əsaslanır. İnformasiya sistemini qurmaq və istifadə etmək üçün əvvəlcə həmin informasiya sisteminin strukturunu, təşkilatın funksiyalarını və siyasətini, qərar qəbul etmənin və idarəetmənin məqsədini, kompüter texnologiyalarının bacarıqlarından istifadənin mümkün olduğunu bilmək lazımdır.

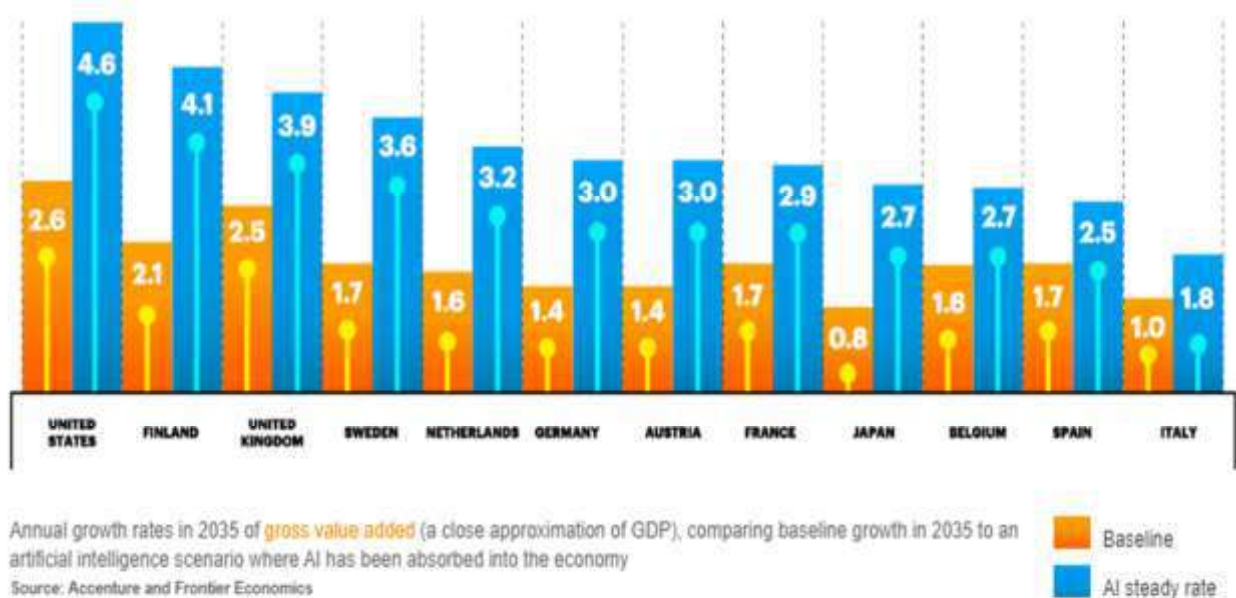
Əgər hər hansı təşkilatda informasiya sistemi qurulacaq və istifadə ediləcəksə, onda həmin informasiya sistemi təşkilatın xüsusi bir hissəsini təşkil etməli və istənilən təşkilatın başlıca elementləri hesab edilən idarəetmənin strukturu və idarəetmə orqanı, idarəetmə heyəti və standart idarəetmə üsullarından istifadə etməlidir. Müasir dövrdə demək olar ki, informasiya sistemi olmayan bir təşkilat yoxdur, çünki belə sistemlər işlərin intellektuallığının, tətbiq sahələrinin effektivliyinin artırılmasında böyük rol oynayır. Süni

intellektin əsas inkişaf istiqamətlərinin, yəni kompüterin xarici intellektuallaşdırılması, yaradıcı proseslərin ayrı-ayrı funksiyalarının modelləşdirilməsi, robotların məqsədyönlü fəaliyyətləri və kompüterin daxili intellektuallaşdırılmasının təhlilinə baxıldıqda açıq şəkildə görünür ki, əsas problemlərdən biri də kompüterin xarici intellektuallaşdırılması istiqamətində kompleks şəkildə olan funksiyaları həyata keçirən dialoq interfeysinin qurulması və yaradılmasıdır. Əlbəttə ki, bu problem və məsələlərin həlli təşkilatın daxilində böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bunlardan ən mühümü isə təşkilatın idarə edilməsi zamanı həm istehsalat, həm bazar, həm də biznes sahələrində yaranan risklərdir. Riskin təsirlərinin uzunmüddətli dövrü və onların yüksək səviyyəsi ilə əlaqəlanmış strateji qərarların qəbul olunması ilə bağlı olan qeyri-müəyyənliyin hüquqi münasibətləri də mövcuddur.

Süni intellekt və iqtisadiyyat

1990-cı Gartner araşdırma şirkəti qlobal süni intellekt iqtisadiyyatının keçən il təxminən 1,2 trilyon dollardan 2022-ci ilə qədər 3,9 trilyon dollara yüksələcəyini gözləyir, McKinsey isə 2030-cu ilə qədər qlobal iqtisadi fəaliyyətdə təxminən 13 trilyon dollar təmin edəcəyini düşünür.

Həmin il üçün PricewaterhouseCoopers Çin və Hindistanın hazırkı birgə istehsalından 15,7 trilyon dollar çox olduğunu təxmin edir.



Pricewaterhouse Coopers (PwC) tərəfindən aparılan araşdırma, sürətlənmiş inkişaf və süni intellektin yüksəlişi nəticəsində qlobal ÜDM-in 2030-cu ilə qədər 14%-ə qədər (15,7 trilyon ABŞ dollarına ekvivalent) arta biləcəyini təxmin edir. Hesabatda rəqəmsal inqilabın növbəti dalğasının Əşyaların İnterneti (IoT) və hazırkı "İnterneti"dən əldə edilən məlumatların köməyi ilə meydana çıxacağı gözlənilir. Hesab olunur ki, məhsul və xidmətlərin fərdiləşdirilməsinin, eləcə də standartlaşdırmanın və nəticədə avtomatlaşdırmanın artırılması inkişaf effekti yaradacaq. PwC süni intellektin qlobal iqtisadiyyata təsir edəcəyi iki əsas kanal nəzərdə tutur. Birincisi, süni intellektin istehsal və nəqliyyat kimi kapital tutumlu sektorlara təsir göstərə biləcək gündəlik işlərin

avtomatlaşdırılması sayəsində yaxın müddətdə məhsuldarlığın artmasına gətirib çıxaracağıdır. Bu, robotlar və avtonom nəqliyyat vasitələri kimi texnologiyalardan istifadənin genişləndirilməsini əhatə etməlidir. Mövcud işçi qüvvəsini süni intellekt texnologiyaları ilə dəstəkləyən və onlara kömək edən biznes modelləri ilə də səmərəlilik artacaqdır. Avtomatlaşdırma əmək tələbatını qismən aradan qaldıracaq və ümumilikdə məhsuldarlıq artacaqdır.

Marketingdə süni intellektin üstünlüklərini nəzərdən keçirsək:

Süni intellekt çətin bir konsepsiya kimi görünə bilər, lakin biz ondan gündə dəfələrlə bilmədən istifadə edirik. Amazon, Facebook, Google, Microsoft, Apple və Netflix kimi əsas brendlər texnologiyanın öyrənməsi, kompüterlərin görmə, nitq və təsviri tanıması, təbii dilin işlənməsi süni intellekt texnologiyaları ilə təchiz edilmişdir (Boukherouaa, 2021: 6).

Süni intellekt digər sənaye sahələrini dəyişdirdiyinə və istehlakçı kimi necə öyrəndiyimizi, ünsiyyət qurduğumuzu və yaşamağımızı yenidən müəyyənləşdirdiyinə görə, marketingdə süni innovasiyanın eyni həcmi və sürəti əvvəllər heç vaxt görülməmişdir.

Marketoloqlar süni intellekt sayəsində öz biznesləri və özləri üçün əhəmiyyətli və davamlı rəqabət üstünlüyü yaratmaq imkanı əldə edirlər. Süni intellekt marketoloqlar üçün aşağıdakılara imkan verir:

- Gəlir artımını sürətləndirir
- Geniş miqyasda fərdiləşdirilmiş istehlakçı təcrübələri yaradır
- Xərcləri azaldır
- Kampaniyalarda daha yüksək ROI yaradır
- Marketing məlumatlarından daha təsirli fikirlər əldə edir
- İstehlakçı ehtiyaclarını və davranışlarını daha dəqiq proqnozlaşdırır
- Təkrarlanan, verilənlərə əsaslanan tapşırıqlara sərf olunan vaxtı azaldır
- Satış dövrünü qısaltır

İnsan zəkasını və hissini təmsil edən süni intellekt sahəsində maraqlı inkişaf sənaye proseslərini böyük transformasiyaya hazırlayır. Süni intellekt robototexnika sahəsində geniş çeşiddə tətbiqlərə imkan verir. İnsan əməkdaşlığına əsaslanan əməkdaşlıq robotları və innovativ UR(Universal Robots) ilə bütün sektorlara problemlər üçün həllər təqdim edir. Universal Robots qabaqcıl texnologiya olmaqla süni intellekt vasitəsilə istehsalda məhsuldarlığı artırır. Süni intellekt texnologiyaları robotların real dünyanı qavraması və ehtiyaclara cavab verməsi deməkdir. Bu, şirkətlərə robot proqramlaşdırmasını optimallaşdırmağa və performansını yaxşılaşdırmağa kömək edir (Brynjolfsson, 2018: 32).

Ən son texnoloji inkişaf işığında deyə bilərik ki, sənaye robotları istehsal prosesini əvvəlkindən daha sürətli, daha ucuz və daha ağıllı edir. O qədər ki, çox eşidirik və oxuyuruq ki, çox da uzaq olmayan gələcəkdə robotlar insanların işlərini ələ keçirəcək. Qlobal miqyasda baxdığımızda, istehsaldan tutmuş robot texnologiyasını inkişaf etdirən startaplara ciddi investisiyalara qədər bir çox fərqli sahədə yeni texnologiyaların inkişafı üçün şirkət daxilində böyük maliyyə resursların ayrıldığının şahidi oluruq.

Robotların istehsal prosesində rolu təkcə əmək xərclərinin yüksək olduğu ABŞ və Avropa ölkələrində deyil, həm də Çin kimi xərclərin nisbətən aşağı olduğu ölkələrdə də artmışdır. Beynəlxalq Robototexnika Federasiyasının açıqladığı rəqəmlərə görə, Çin 27% bazar payı ilə sektorda liderdir. Qlobal robot satışlarının 75%-i yalnız 5 ölkə tərəfindən həyata keçirilir. Bu ölkələri müvafiq olaraq Çin, Koreya, Yaponiya, ABŞ və Almaniyanın bazar liderləri kimi sadalaya bilərik. Bundan əlavə, Tayvan, Tailand, Hindistan, İtaliya, Fransa və İspaniya robot bazarında inkişaf edən ölkələr sırasındadır.

Avropa sənaye robotları üçün dünyanın ən böyük bazarı olaraq qalmasına baxmayaraq, 2020-ci ildə istifadəyə verilən bütün robotların 71 faizinin Asiyada olduğu bildirilir. 2023-cü ildə 168 min 400 robotla ən çox robot alan ölkə Çin olduğu halda, ölkədəki fabriklərdəki robot sayının 943 min 223 ədədə çatdığı bildirilir. Çində bu göstəricinin yaxın zamanlarda 1 milyon barajını keçəcəyi gözlənilir. Dünyanın avtomatlaşdırma iqtisadiyyatına rəhbərlik etmək üçün unikal mövqedə olan Çinin böyük işçi qüvvəsinə baxmayaraq, son 20 ildə əmək xərclərinin 10 dəfə artdığı bilinir. Dünyanın əsas iqtisadi gücü olan Çin yüksək keyfiyyətli məhsullarda istehsal sənayesini avtomatlaşdırmağa çalışır. Çini 38 min 653 robotla Yaponiya, 30 min 800 robotla ABŞ, 30 min 500 robotla Cənubi Koreya və 22 min 300 robotla Almaniya izləyir. Hazırda istifadə olunan sənaye robotlarının 70%-i avtomobil, elektronika, metal və maşınqayırma sənayesində xidmət göstərir. 2025-ci ildə qlobal robot qurğularının sayının 2000-ci illərlə nisbətən 13 faiz artaraq 435 minə çatacağını proqnozlaşdırır.

Süni intellekt tədqiqatları çox vaxt insanın düşünmə üsullarını təqlid edən süni metodların hazırlanmasına yönəlir, lakin bununla məhdudlaşmır. Gələcəkdə insan intellektindən asılı olmayaraq öyrənə və inkişaf edə bilən süni intellekt konsepsiyasına doğru yeni istiqamətlər yaranır. Bu koordinasiya kainatı və təbiəti dərk etmək səyində ona kömək edə biləcək fəvqəlbəşər, bəlkə də özündən daha ağıllı varlıqlar yaratmaq xəyalının məhsuludur. Bu müasir elmi inqilabın aparıcı yazıçılarından biri olan Karel Çapekin 1920-ci illərdə qələmə aldığı və sonralar İsaak Asimovun təsiri ilə qələmə aldığı əsərlərində ifadə olunmuşdur. Karel Çapek R.U.R adlı teatr tamaşasında süni intellektli robotlarla bəşəriyyətin ortaq sosial problemlərini həll edərək, 1920-ci ildə süni intellektin insan ağılından asılı olmayaraq inkişaf edə biləcəyini proqnozlaşdırmışdı (Brynolfsson, 2018: 63).

Süni intellekt, ən qısa izahı ilə, insan beynini və düşüncə sistemini kopyalanaraq texnologiyaya transfer edilməsi kimi təyin edilə bilər. Tərifə bir az daha sadə desək, Süni İntellekt kompüter proqramını insan kimi düşünməyə vadar edir. Bu gün danışılan terminlər olan "Süni intellekt", "Sənaye 4.0", "Əşyaların İnterneti", "Kiber-Fiziki Sistemlər", "Xidmətlərin İnterneti" kimi anlayışlar gördüyümüz kimi həyatın hər sahəsinə təsir edir. Dünya İqtisadi Forumunun prezidenti Klaus Şvab 4-cü Sənaye İnqilabı adlandırdığı teoremin mərkəzində süni intellektin olacağını müdafiə edir (Wagner, D. 2018: 26).

Süni intellekt iqtisadiyyatda daha da mühüm yer tutmağa başlamışdır. PricewaterhouseCoopers (PwC) tərəfindən aparılan araşdırmalar göstərir ki, 2030-cu ilə qədər süni intellektin qlobal iqtisadiyyatda əhəmiyyəti artacaqdır. Müvafiq olaraq, Süni İntellekt qlobal ÜDM-də payı təxminən 14%-ə qədər artacaqdır. Başqa sözlə, təxminən 15,7 trilyon ABŞ dolları artım əldə ediləcəyini iddia edir. Accenture şirkəti tərəfindən 2016-cı ildə başlanılan və 12 qabaqcıl iqtisadiyyatı əhatə edən başqa bir

araşdırma, 2035-ci ilə qədər Süni İntellektin illik qlobal iqtisadi artım templərini iki dəfə artırma biləcəyini proqnozlaşdırır.

Süni intellektdən ən böyük iqtisadi qazanc Çin (2030-cu ildə ÜDM-də 26 faiz artım) və Şimali Amerikada (14,5 faiz artım) olacaq, ümumilikdə 10,7 trilyon ABŞ dollarına bərabər və qlobal iqtisadiyyatın demək olar ki, 70 faizini təşkil edəcəkdir.

İş dünyasından bir çox insan Süni İntellektə əsaslanan texnologiyalardan istifadənin gələcəkdə uğur üçün mühüm tələb olacağını bildirir. Süni intellektdən istifadənin rəqabətdə olduqları şirkətlərə qarşı üstünlük təmin edəcəyinə də inanılır. Müəssisələrdə Süni İntellektdən istifadəni qətiyyətlə davam etdirən menecerləri olan şirkətlər artan məhsuldarlıqla mənfəətin maksimumlaşdırılmasını təmin edir. Bu nəticələr süni intellekt texnologiyasının əhəmiyyətinin iş dünyası tərəfindən dərk edildiyinin göstəricisi kimi qiymətləndirilə bilər. "Sənaye 4.0" adlandırılan istehsalda insan əməyini azaldaraq ucuz işçi qüvvəsi ilə rəqabət aparan müəssisələrdə fiziki dünya ilə virtual mühiti sensorlar və internet vasitəsilə birləşdirən kiber-fiziki sistemlərdə Süni İntellekt texnologiyası mühüm rol oynayır. Bu sistemlərdə tədarük zəncirindən istehsala və hətta istehsaldan sonra müştərinin son istehlak mərhələsinə qədər olan prosesləri izləmək mümkündür (Öztürk, 2001:31).

Xarici ticarət sahəsində Süni İntellekt tətbiqləri də bir çox üstünlüklər təmin edir. Süni intellekt tətbiqləri məhsulların istehsalından gömrük proseslərinə qədər olan mərhələlərdə əhəmiyyətli faydalar təmin edir. Elektron ticarət sahəsi Süni İntellekt texnologiyasının intensiv şəkildə istifadə edildiyi sahələrdən biridir. Burada müştərilərinə daha yaxşı məhsul(xidmət) təklif edən müəssisələr, süni intellektdən istifadə edərək öz veb saytlarında yaradıcı həllər yarada bilərlər. Süni intellektlə təchiz edilən sənaye istehsalı, logistika və təchizat zəncirləri müəssisələrin beynəlxalq arenada daha rəqabətli olmasına imkan yaradır və beləliklə şirkətlər öz ixracatlarını artırmaq imkanı əldə edirlər.

Süni intellekt hər sektor üçün eyni effekt verməyəcək və onun istifadəsi fərqli olacaqdır. Texnoloji inkişafı nəzərə alsaq, müsbət təsir edəcək sektorların səhiyyə xidmətləri, avtomobil, maliyyə xidmətləri, nəqliyyat və logistika, rabitə, əyləncə, pərakəndə satış və enerji sektorları olacağı gözlənilir. Yüksək tutumlu kompüter şəbəkələrinin və bulud texnologiyalarının inkişafı ilə bu gün müxtəlif iş sahələrində süni intellekt və yaradılacaq alqoritmlərdən istifadə edilir (Strusani, 2019:25).

İnnovasiya ardıcıl olaraq daha çox məhsuldarlığa, yəni cəmiyyətin daha az ilə daha çox istehsal etmək qabiliyyətinə və yeni iş və xidmətlərə tələbatın artmasına səbəb olur. Əvvəllər görürük ki, texnologiyalar həmişə insan işini əvəz edib, amma məşğulluqda heç bir mənfəi təsiri olmayıb. Bənzər bir ssenari süni intellekt üçün də mövcuddur.

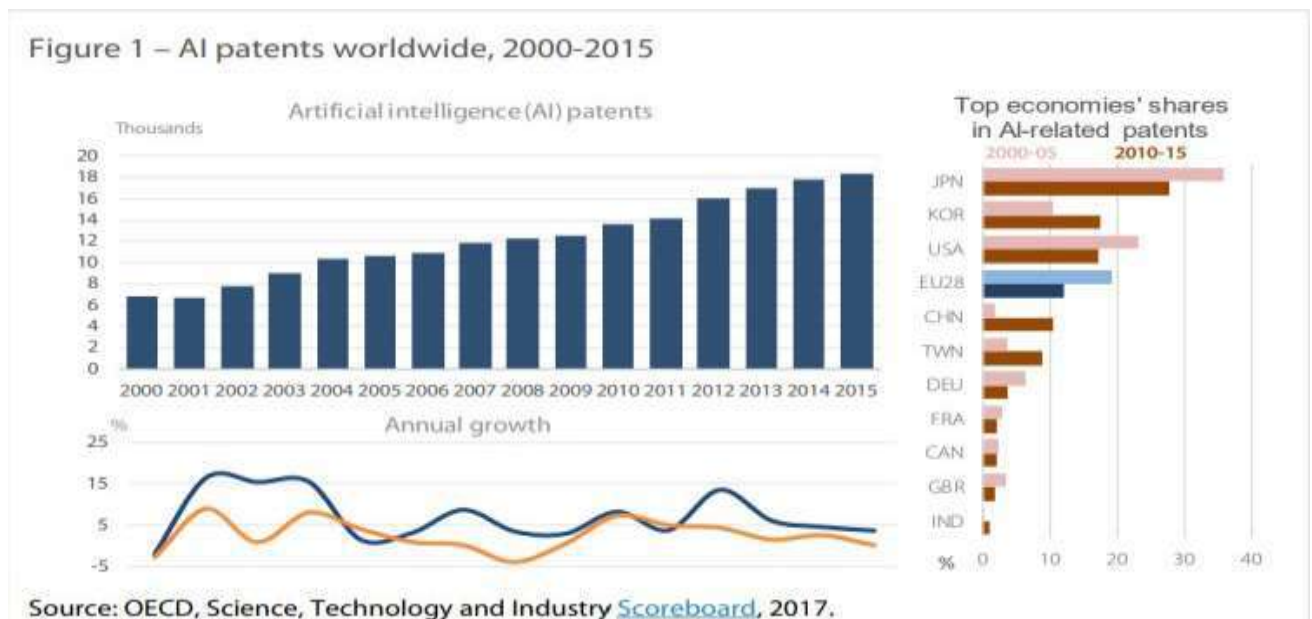
Süni intellekt (AI) iqtisadi fəaliyyəti və insan davranışını sürətlə dəyişdirən ümumi təyinatlı bir texnologiyadır. Termin özü və əvvəlki versiyaları 1950-ci illərə aid olsa da, Müasir AI hələ ilk dövrlərindədir. Bəzi hesablamalar göstərir ki, süni intellekt trilyonlarla və ya on trilyonlarla dollar sərvət yarada bilər. Texnologiyanın geniş potensial tətbiqlərini nəzərə alaraq bu rəqəmlər məqbul görünür.

Lakin texnoloji innovasiyaların əksəriyyətində olduğu kimi, süni intellektin faydaları və riskləri bütün dünyada bərabər paylanmır. Süni intellektdə, digər texnologiyalarda olduğu kimi, milli iqtisadiyyat deyil, qlobal iqtisadiyyatlar var .

Süni İntellektin İqtisadiyyatını araşdırarkən, süni intellekt texnologiyalarının necə mənimsənilməsi ilə bağlı aşağıdan yuxarı perspektivi inkişaf etdirmək üçün əvvəlcə şirkətlərin davranışını və müxtəlif sektorların dinamikasını anlamaq lazımdır. İkincisi, ölkələrin, şirkətlərin və işçilərin süni intellektə keçərkən qarşılaşa biləcəyi mümkün problemləri nəzərə almaq lazımdır. Bu keçid dövründə çox güman ki, xərclər çox olacaq və bunlar iqtisadiyyatda xərclər baxımından nəzərə alınmalıdır.

Süni intellekt texnologiyaların inkişafı üçün təkan yaratdı. 2010-2015-ci illər arasında AI patentləri orta illik artım tempi 6% olmaqla bütün dünyada artıb. Bugöstərici digər patentlər üçün müşahidə edilən illik artım tempindən xeyli yüksəkdir (sxem 11.1.).

Sxem 11.1. Süni intellekt texnologiyaları üzrə AI patentləri



Bu dövrdə tədqiqatların ön sıralarında olan ölkələr AI ilə bağlı patent müraciətlərinin təxminən üçdə ikisini təşkil edən Yaponiya, Cənubi Koreya və ABŞ- dır. Cənubi Koreya, Çin və ABŞ AI patentlərinin sayında əhəmiyyətli artım qeydə alınıb. AI Üzv Dövlətləri 2010-2015-ci illərdə süni intellektlə əlaqəli ixtiraların 12%- ni təşkil etmişdir ki, bu da əvvəlki on ildə qeydə alınan 19%-lik tarixi nəticələri ilə müqayisədə artmışdır (Wooldridge, 2001: 27).

Ümumdünya Əqli Mülkiyyət Təşkilatı (ÜƏMT) tərəfindən nəşr olunan 2019- cu il üzrə süni intellektlə bağlı hesabat göstərir ki, əsrin əvvəlindən bu sahədə elmi məqalələrin sayında artım baş verib, 2013-cü ildən patent müraciətlərində isə artım olmuşdur. 2016-cı ildə bu, nəzəri tədqiqatdan süni intellekt texnologiyalarının kommersiya məhsul və xidmətlərində praktik tətbiqinə keçidi göstərir. ÜƏMT-nin araşdırması göstərsə də, maşın öyrənməsində çoxsaylı patentlər hazırda süni intellektin əsas tətbiq sahəsidir, dərin öyrənmə (məsələn, səs tanınması texnologiyaları) və neyron şəbəkələri ən sürətlə inkişaf edən texnologiyalardır. OECD həmçinin süni neyron şəbəkələrindən istifadə edərək, süni intellektə mövcud inkişaf kimi dərin öyrənmənin inkişafını dəstəkləyir.

Nəticə

DavaBu Müasir telekommunikasiya, rəqəmsal və süni intellekt texnologiyalarının, həmçinin innovasiya və biliklərin istifadə edilməsi sosial-iqtisadi münasibətləri daha məhsuldar və səmərəli edir, iqtisadiyyatın ümumi dəyər zəncirində yeni gəlir imkanları yaradır. Süni intellekt iqtisadi inkişafa təsirinin öyrənilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. İqtisadçılar bu barədə müxtəlif araşdırmalar aparırlar. Ümumi ortaqlar mövqelərdən biri ondan ibarətdir ki, süni intellektin inkişafı inkişaf etməkdə olan ölkələr üçün 2 yol yaradır. Onlar ya daha da zənginləşə, iqtisadiyyatlarının rəqabət qabiliyyətini gücləndirə, ya da əksinə, həyat səviyyəsinə görə inkişaf etmiş ölkələrdən daha da geri qala bilərlər.

Təhlillər onu göstərir ki, süni intellekt iqtisadiyyatın mühüm sektorları arasında geniş şəkildə tətbiq olunmasa, iqtisadi məhsuldarlığın artımına ümumi təsiri az olacaqdır. Əgər süni intellektin məhsuldarlığa təsiri yalnız yüksək ixtisaslı xidmətlər sektoru ilə məhdudlaşarsa, 100 ildən sonra qlobal real gəlir süni intellektsiz ola biləcəyindən cəmi 2,4% çox olacaqdır.

Bununla belə, süni intellekt iqtisadiyyatı digər sektorlarında tətbiq olunarsa, o, yeni məhsulların və sənaye sahələrinin yaradılması üçün katalizator olmaq potensialına malik olacaqdır. Belə optimist proqnozda, süni intellekt qlobal iqtisadi artımın əsas hərəkətverici qüvvəsinə çevrilərsə, qlobal real iqtisadi gəlir 100 ildən sonra süni intellektsiz ola biləcəyindən 28% çox olacaqdır.

İqtisadiyyatın əksər sektorlarında süni intellekti sürətlə tətbiq edə bilən ölkələr, böyük ehtimalla sürətlə inkişaf edən yüksək texnologiyalı sektorlarda məhsuldarlığın və rəqabətin artması hesabına qlobal bazarlarda öz mövqelərini gücləndirəcəklər. İqtisadiyyatlarına süni intellektin integrasiyasını gecikdirən ölkələr inkişafın durğunluğunda qalmaq və innovasiyalardan faydalana bilməyərək həyat standartlarının aşağı düşməsi riski ilə üzləşəcəklər.

ƏDƏBİYYAT:

1. Boukherouaa, E. B., Shabsigh, G. (2021). Powering the Digital Economy Opportunities and Risks of Artificial Intelligence in Finance, International Monetary Fund, Washington.
2. Brynjolfsson, E., Hui, X. & Liu, M., (2018), Does Machine Translation Affect International Trade? Evidence From A Large Digital Platform, National Bureau of Economic Research, Working Paper 24917, Cambridge.
3. Öztürk, F. (2001). Küreselleşme-Yeni Dünya Düzeni, Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi, Sayı II, <https://www.mfa.gov.tr/kuresellesme-yeni-dunya-duzeni.tr.mfa>.
4. R.Ə. Balayev, M.N. Əlizadə, İ.K. Musayev "İntellektual sistemlər və texnologiyalar" Dərs vəsaiti, Bakı, 2016. S.245
5. Strusani, D., Hounghon, G. V. (2019). The Role of Artificial Intelligence in Supporting Development in Emerging Markets, EM Compass, International Finance Corporation, Washington, DC
6. Wagner, D. (2018). How Artificial Intelligence is Changing the Global Economy, Science & Technology.

SUMMARY

Tahmasib Quluzade

APPLICATION AND IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON ECONOMY

Many people in the business world say that the use of artificial intelligence-based technologies will be an important requirement for success in the future. It is also believed that the use of artificial intelligence will provide an advantage over the companies they compete with. Companies with managers who firmly continue to use artificial intelligence in enterprises ensure the maximization of profits with increased productivity. These results can be evaluated as an indicator that the importance of artificial intelligence technology is understood by the business world. In enterprises that compete with cheap labor by reducing human labor in the so-called "Industry 4.0" production, artificial intelligence technology plays an important role in cyber-physical systems that connect the physical world with the virtual environment through sensors and the internet. In these systems, it is possible to follow the processes from the supply chain to production and even after production to the final consumption stage of the customer. This article examines the importance of artificial intelligence for economic development and examines the effects of artificial intelligence on economic development.

Keywords: artificial intelligence, digital economy, artificial intelligence economy, digitalization

РЕЗЮМЕ

Тахмасиб Гулузаде

ПРИМЕНЕНИЕ И ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ЭКОНОМИКУ

Многие представители делового мира утверждают, что использование технологий на основе искусственного интеллекта станет важнейшим условием успеха в будущем. Также считается, что использование искусственного интеллекта даст преимущество перед компаниями, с которыми они конкурируют. Компании, руководители которых решительно придерживаются принципа использования искусственного интеллекта на своих предприятиях, обеспечивают максимизацию прибыли за счет повышения производительности. Эти результаты можно рассматривать как свидетельство того, что деловой мир осознает важность технологий искусственного интеллекта. Технология искусственного интеллекта играет важную роль в киберфизических системах, которые связывают физический мир и виртуальную среду с помощью датчиков и Интернета на предприятиях, которые конкурируют с дешевой рабочей силой за счет сокращения человеческого труда в производстве, что называется «Индустрия 4.0». В этих системах можно отслеживать процессы от цепочки поставок до производства и даже после производства до конечной стадии потребления потребителем. В данной статье рассматривается важность искусственного интеллекта для экономического развития, а также изучается влияние искусственного интеллекта на экономическое развитие.

Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровая экономика, экономика искусственного интеллекта, цифровизация

**ENERJİ SƏNAYESİNDƏ SÜNİ İNTELLEKT - ƏN SON TRENDLƏR, TEXNOLOJİ
YENİLİKLƏR VƏ ELMİ KƏŞFLƏR**
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17429906>

Validə HACIYEVA

validehaciyeva@ndu.edu.az

Orcid ID: 0009-0003-6929-9602

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Bu işin məqsədi enerji sektorunda süni intellektin tətbiqi sahəsində son tədqiqat işlərinin nəzərdən keçirilməsi idi. Əvvəlcə dördüncü sənaye inqilabı konsepsiyası haqqında qısa məlumat verildi. Daha sonra bu sahədə ən son yeniliklər və tendensiyalar təqdim olunub. Təhlil olunan tədqiqat sənədləri aşağıdakı sahələr üzrə qruplaşdırılıb: ümumi sənaye və enerji istehsalı, anomaliyaların aşkarlanması, yaşayış binaları və ağıllı şəhərlər, enerji bazarı və enerji sistemi. Hər bir tədqiqat işi müzakirə edilmiş və onun nəticələri təsvir edilmişdir. Nəhayət, texnologiyanın mövcud vəziyyətinin qısa xülasəsi verilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, hazırda süni neyron şəbəkələri və xüsusilə Dərin Öyrənmə alqoritmləri əksər tədqiqatların mərkəzindədir və proqnozlaşdırıcı modelləşdirmə və nümunənin tanınması sahəsində ən perspektivli nəticələri verir.

Açar sözlər: *süni intellekt, maşın öyrənməsi, enerji sektoru, inkişaf etməkdə olan texnologiya, sənaye*

Giriş Son illərdə enerji sektoru iqlim dəyişikliyi ilə bağlı artan narahatlıqlar və dayanıqlı enerji sistemlərinə keçidin qəbul edilmiş ehtiyacı ilə çevrilmənin həlledici mərhələsinə qədəm qoyub. Tez-tez “enerji keçidi” kimi xarakterizə edilən bu təkamül təkcə texnologiyanın dəyişdirilməsi məsələsi deyil, həm də iqtisadi prioritetləri, sosial imperativləri və aktual ekoloji məqsədləri birləşdirən mürəkkəb və fənlərarası bir vəzifə təşkil edir [1]. Bu kontekstdə, Süni İntellekt (AI) aşağı karbonlu enerji sistemlərinin etibarlılığını, səmərəliliyini və ümumi məqsəduyğunluğunu artırmaq üçün güclü alətlər təklif edərək innovasiyaların cəlbedici sürücüsü kimi ortaya çıxdı [2]. Enerji keçidinin mərkəzi dekarbonizasiyadır, burada fosil əsaslı enerji tədricən hidro, külək enerjisi, məsələn, bərpa olunan enerji ilə əvəz olunur. Buna baxmayaraq, problem yanacaq növlərinin hidrogen, bərpa olunan sintetik yanacaqlar və bioyanacaqlarla əvəzlənməsindən kənara çıxır; o, həmçinin enerjiyə qənaət edən təcrübələrin və texnologiyaların geniş şəkildə tətbiqini tələb edir. Bunlar, məsələn, binalar sektorunda yüksək performanslı bina örtüklərinin işlənməsini, sənaye sektoru üçün resurs istifadəsini minimuma endirən qabaqcıl sənaye nəzarət sistemlərini və ev təsərrüfatları səviyyəsində enerjidən daha səmərəli istifadəni stimullaşdıran siyasətləri əhatə edə bilər. Elektrikləşdirmə başqa bir sütunu təşkil edir: yanma əsaslı proseslərin elektrik enerjisinə əsaslanan texnologiyalarla əvəz edilməsi nəqliyyat və istilik kimi sektorlarda karbon izlərini əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər. Eyni zamanda, məişət fotovoltaiklərindən tutmuş icma tərəfindən idarə olunan külək stansiyalarına qədər paylanmış generasiya resursları şəbəkə əməliyyatlarını getdikcə çətinləşdirdiyindən şəbəkə modernizasiyası əvəzolunmaz olur [4]. AI, real vaxt

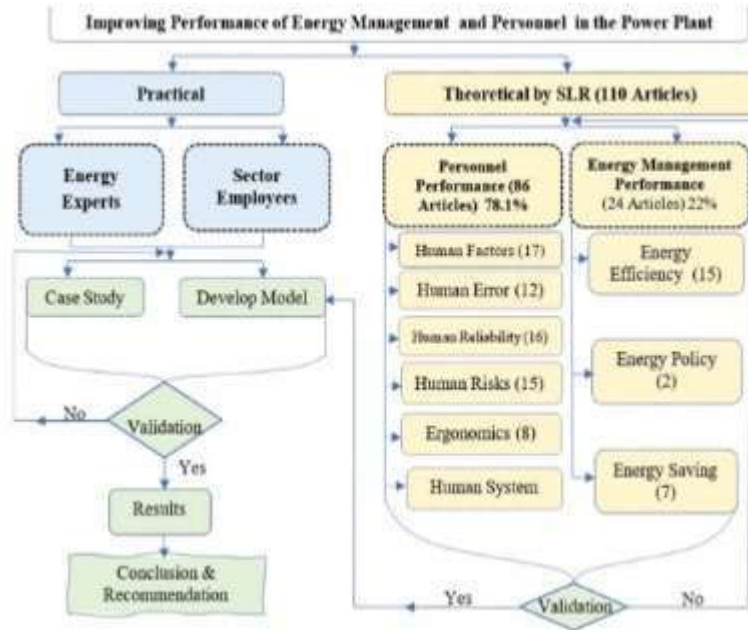
rejimində tədarük və tələb dəyişikliklərini aşkar edərək, bərpa olunan mənbələrin optimal göndərilməsinə rəhbərlik edərək və proqnozlaşdırılan enerji sistemlərində enerji təchizatını dəstəkləməklə bu mürəkkəbliklərin çoxunu həll edir. Enerji səmərəliliyi də əhəmiyyətli təkan alır: bina nəzarətçiləri tullantıları minimuma endirmək üçün sakinlərin iş rejimini öyrənə bilər, sənaye qurğuları avadanlığın deqradasiyasını proqnozlaşdırmaqla və nəqliyyat logistikası həm emissiyaları, həm də əməliyyat xərclərini azaldaraq marşrutları və batareyadan istifadəni optimallaşdırmaqla bilər. Paralel olaraq, tələb yönümlü idarəetmə strategiyaları qeyri-pik istehlakı stimullaşdıraraq və dinamik qiymətləri təmin edən qabaqcıl analitikadan faydalanır. Süni intellektə əsaslanan nəzarət pozuntuları aşkar etməklə və qiymət dəyişkənliyini daha dəqiq proqnozlaşdırmaqla enerji bazarlarını daha da gücləndirir. Tədqiqat cəbhəsində, digər şeylərlə yanaşı, AI yeni materialların axtarışını avtomatlaşdırmaqla, təmiz enerji texnologiyalarını optimallaşdırmaqla və karbonun tutulması, saxlanması və istifadəsinin ətraf mühitə təsirlərinə işıq salmaqla innovasiyaları sürətləndirir [5]. Qabaqcıl AI sistemləri tədqiqat məhsuldarlığını sürətləndirən bir çox sahələrdə artıq geniş şəkildə istifadə edilmişdir [6]. Son tədqiqatlar virtual aləmlərdə insan davranışını inandırıcı şəkildə təqlid edən rəqəmsal “şəxsiyyətlərin” necə yaradıla biləcəyini araşdırıb. Nəticələr göstərdi ki, bu personajlar münasibətlər qura, əlaqələndirə və realist reaksiya verə bilirlər [7]. Sonrakı araşdırma, davranışlarını və fikirlərini proqnozlaşdırmaq üçün müsahibələr və süni intellektdən istifadə edərək insanların simulyasiyalarının yaradılması imkanlarını araşdırdı. Nəticələr cavabların proqnozlaşdırılmasında heyrətamiz 85% dəqiqlik göstərdi [8]. Eyni zamanda, vurğulanmalıdır ki, avtomatlaşdırılmış avtonom tədqiqat üçün çərçivələr artıq tətbiq edilib və inkişaf etməkdə davam edir. Bunlar çox agentli topologiyalarda sərhəd Böyük Dil Modellərindən (LLM) istifadə edərək avtomatlaşdırılmış açıq tədqiqata imkan verir [9]. Bu süni intellekt vasitələrinin tədqiqatları sürətləndirə və yeni biliklərin yaradılması üçün vaxt tələblərini azalda biləcəyi mübahisəsiz bir fakt olsa da, tədqiqatlar elmi nəticələrin artmasından asılı olmayaraq tədqiqatçıların yerinə yetirilməsinin azala biləcəyini vurğulayır. Bu fakt AI-nin gündəlik tədqiqata necə inteqrasiya olunacağı ilə bağlı əlavə çətinliklər yaradır [10]. Vədinə baxmayaraq, AI çətinliklərlə gəlir. Onun geniş miqyaslı hesablama ehtiyacları davamlılıq məqsədləri ilə ziddiyyət təşkil edə bilər, məlumatların qərəzliliyi isə nəticələrin təhrif edilməsinə səbəb ola bilər. Deloitte tərəfindən aparılan təhlil, məlumat mərkəzləri tərəfindən elektrik enerjisi istehlakında əhəmiyyətli artım gözləyir, 2024-cü ildə təxminən 180 TWh-dən 290 TWh-a qədər artımın 2030-cu ilə qədər 515 TWh-dən 720 TWh-a qədər artacağını proqnozlaşdırır. Bu, 15%-dən 17%-ə qədər olan mürəkkəb illik artım tempini əks etdirir [11]. Beləliklə, süni intellekt alətlərinə ədalətli çıxışın təmin edilməsi və şəffaf çərçivələrin yaradılması həyati əhəmiyyət kəsb edəcək [12]. Bu kontekstdə hökumətlər, sənaye və vətəndaş cəmiyyəti arasında əməkdaşlıq ictimai etimadı qoruyan ən yaxşı təcrübələri, etik təlimatları və möhkəm siyasət çərçivələrini inkişaf etdirə bilər. Ümumiyyətlə, süni intellekt enerji sistemlərinin karbonsızlaşdırılmasını sürətləndirmək və global davamlılığı dəstəkləmək üçün əhəmiyyətli potensiala malikdir. Bununla belə, bu faydaların tam şəkildə həyata keçirilməsi bazar strukturlarının uyğunlaşdırılması, siyasət stimullarının gücləndirilməsi və süni intellektə əsaslanan qərarlarda şəffaflığın təmin edilməsi üçün əlaqələndirilmiş səyləri tələb edir. Sonrakı

bölmələr əsas süni intellekt konsepsiyalarını müəyyənləşdirir, enerji sektorunda əlavə tətbiqləri araşdırır və artan enerji tələbi və nüvə enerjisinə artan maraq da daxil olmaqla daha geniş sosial-iqtisadi, təhlükəsizlik və etik mülahizələrə müraciət edir, eləcə də gələcək problemlərə ümumi baxış təqdim edir. 2. Süni intellektin müəyyən edilməsi [13]. İdrak nöqtəyindən, "insancasına düşünən" süni intellekt sistemləri beynin daxili işini təqlid etməyə çalışaraq, nevrologiya və psixologiya kimi sahələrdən ilham alır. tanınma və özünü təkmilləşdirmə. Bu cür modellər insanların necə düşündüyünə işıq salır, baxmayaraq ki, onlar tez-tez mədəniyyətin, duyğuların və kontekstin mürəkkəbliyi ilə üzləşməli olurlar - sadə hesablama replikasiyasına [13] qarşı çıxan elementlər. Məntiqi çərçivələr güclü ola bilsə də, onlar real dünyadakı qeyri-müəyyənlik və genişmiqyaslı mürəkkəbliklə mübarizə aparırlar. Təcrübədə AI sistemləri çox vaxt məntiqi ehtimal metodları ilə qarışdırır və bununla da sırf qaydalara əsaslanan mülahizələri alt-üst edəcək birmənalı olmayan ssenarilərlə mübarizə aparır [13]. mümkün hərəkətləri və uğuru maksimuma çatdıran yolu seçin. Özünü idarə edən avtomobillər və avtomatlaşdırılmış köməkçilər bu paradigmanı səciyyələndirir, çünki onlar insanın düşüncə proseslərini ciddi surətdə təqlid etmədən dəyişən şərtlərə uyğunlaşırlar. Bu agent əsaslı görünüş genişlənə bilən həlləri dəstəkləyir və onu AI-nin əsas tətbiqləri üçün ayrılmazdır [13].

Əhatə dairəsinə görə süni intellekt dar (tapşırıqlar üçün xüsusi), Ümumi (insan səviyyəsində çox yönlülük) və ya Superintelligent (insan imkanlarını üstələyən) kimi təsnif edilə bilər. Görünüşün tanınması və ya dil tərcüməsi kimi dar süni intellekt hazırda üstünlük təşkil edir [14]. Hələ də hipotetik olan Süni Ümumi Zəka daha geniş idrakı hədəfləyir [15], Süni Superintellekt isə cəmiyyətdə özünü təkmilləşdirmə, etik təminatlar və güc dinamikası ilə bağlı dərin suallar yaradır [16]. AI-nin insan zəkasını və eksponensial sürətlə özünü inkişaf etdirə biləcəyi dönüş nöqtəsi olan "Təklif"lə bağlı müzakirələr həm teoptimizmi, həm də qabaqcıl tədqiqatları vurğulayan ehtiyatlılığı nümayiş etdirir [17]. Bu müxtəlif konsepsiyaları sadələşdirmək üçün bir çoxları ağıllı agent paradigmasını qəbul edirlər. Reaktiv idarəetmənin termostat səviyyəli sadəliyi və LLM-lərin ortaya çıxan mürəkkəbliyi arasında müxtəlif spektrli metodologiyalar AI paradigmalarının diapazonunu əhatə edir [18]. Qeyri-səlis məntiq, qeyri-səlis koqnitiv xəritələr və neyron şəbəkələri kimi yumşaq hesablama yanaşmaları qeyri-müəyyənlik və qeyri-müəyyənliyə uyğunlaşır və klassik binar məntiqin uğursuz olduğu ssenarilərdə möhkəmlik təklif edir. Genetik alqoritmlər və zərrəcik dəstəsinin optimallaşdırılması kimi təkamül alqoritmləri - təbii seçmənin təqlid edilməsi - namizəd həllərin ardıcıl "nəsilləri" vasitəsilə təkrarlanır, sistemin tənzimlənməsi və ya çox obyektiv optimallaşdırma kimi tapşırıqlar üçün optimallaşdırılmış strategiyalar aşkar edir. Biliyə əsaslanan sistemlər isə tibbi diaqnostikadan tutmuş enerjinin idarə edilməsindən tutmuş sahələrdə avtomatlaşdırılmış əsaslandırmanı asanlaşdırmaq üçün seçilmiş qaydalara və ya ekspert baxışlarına əsaslanır. Müxtəlif formalarda maşın öyrənməsi - nəzarət olunan, nəzarətsiz və ya gücləndirməyə əsaslanan - açıq-aydın insan göstərişləri olmadan prediktiv modelləri təkrar-təkrar dəqiqləşdirərək məlumatlardan nümunələrin çıxarılmasına diqqət yetirir. Birlikdə götürüldükdə, bu AI paradigmaları sahənin çox yönlülüynü vurğulayır - onlar bir tərəfdən elementar əks əlaqə dövrləri və digər tərəfdən LLM-lərin insana yaxın

lingvistik çevikliyi arasındaki boşluğu doldurur. Artan öyrənmə, ehtimal əsaslandırma və evristik axtarışlar kimi xüsusiyyətləri birləşdirərək, AI-nin bu ara formaları sadə avtomatlaşdırmadan qabaqcıl koqnitiv texnologiyalara keyfiyyət sıçrayışını birləşdirərək getdikcə daha avtonom sistemlərə yol açır. Süni intellekt sahəsi təkamül etməyə davam etdikcə, onun tərifləri və tətbiqləri genişlənəcək və uyğunlaşacaq.3. Enerji Sektorunda Süni İntellekt Tətbiqləri Elektrik sektoru siyasət və tənzimləmədən tutmuş enerji istehsalına, şəbəkə əməliyyatlarına və son istifadəçi xidmətlərinə qədər bir sıra alt sektorları birləşdirən global enerji keçidinin önündə dayanır. Müasir infrastrukturlar daha qeyri-mərkəzləşdirilmiş və məlumat tutumlu böyüdükcə, Süni İntellekt (AI) bu bir-biri ilə əlaqəli domenlərdə səmərəlilik, dayanıqlıq və davamlılığı təmin etmək üçün güclü katalizator kimi ortaya çıxdı. Siyasət qərarlarının qəbulu zamanı süni intellekt maraqlı tərəfləri milli və regional enerji strategiyalarını formalaşdırmaq üçün verilənlərə əsaslanan alətlərlə təchiz edir [19]. İstehlak tendensiyaları, bərpa olunan mənbələrin nüfuzu və demoqrafik dəyişikliklərin geniş qeydlərini təhlil edərək, süni intellektlə işləyən simulyasiyalar müxtəlif tənzimləyici və iqtisadi yollar altında gələcək enerji tələbatını proqnozlaşdırır. Bu, etibarlı elektrik təchizatını təmin edən və karbon emissiyalarını azaldan balanslaşdırılmış strategiyaların formalaşdırılmasında siyasətçilərə kömək edir. Tandemdə, ssenari modelləşdirmə platformaları tənzimləyicilərə siyasət qəbul edilməzdən əvvəl perspektiv tənzimləmələrin şəbəkə əməliyyatlarına və resurs bölgüsünə təsirini ölçməyə imkan verir. Süni intellektlə idarə olunan avtomatlaşdırma həmçinin real vaxt qiymətlərini dəqiqləşdirir, onu cari tələb, tələb və bərpa olunan enerjinin mövcudluğu ilə daha dəqiq uyğunlaşdırır [20]. Transmissiya tərəfində süni intellekt şəbəkə yükünün dəqiq proqnozlaşdırılmasını və anomaliyaların erkən aşkarlanmasını gücləndirir [21]. Güclü vaxt seriyası modelləri ötürmə sistemi operatorlarına elektrik enerjisinə tələbatdakı sıçrayışları və ya bərpa olunan hasilatdakı azalmaları qabaqcadan görməyə kömək edir. Əvvəlcədən əməliyyat parametrlərini tənzimləməklə şəbəkə menecerləri həddən artıq yüklənmələrin qarşısını alır və söndürmə risklərini azaldır. Bu arada, neyron şəbəkələr və diaqnostik alqoritmlər ötürmə xətlərində yerli həddindən artıq istiləşmə kimi incə nasazlıqları vurğulayır və dərhal müdaxilələrə imkan verir. Paylama əməliyyatlarında süni intellekt enerji mənbələrinin balanslaşdırılmasında və paylanmış enerji mənbələrinin integrasiyasında üstündür. [22]. Ağıllı sayğaclarıdan real vaxt analitikası tələb-cavab strategiyaları haqqında məlumat verir, burada gücləndirici öyrənmə alqoritmləri elektrik enerjisindən istifadənin necə və nə vaxt azaldılmasını və ya dəyişdirilməsini dəqiqləşdirir [23]. Paralel olaraq, optimallaşdırma proqramı yanacaq sərfiyyatını və emissiyaları minimuma endirmək üçün yanma proseslərini incələşdirir. Proqnozlaşdırılan analitika və optimallaşdırmanın bu birləşməsi ciddi ekoloji qaydalara əməl etməklə əməliyyat xərclərini əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər. Pərakəndə satış səviyyəsində süni intellektlə işləyən agentlər son istifadəçilərin elektrik xidmətləri ilə əlaqəsini dəyişdirir [24]. Alqoritmlər enerjiden istifadənin xüsusi üsullarını təklif etmək və ya yükləri qeyri-pik saatlara keçirmək üçün tarixi istehlakı təhlil edir. Avtomatlaşdırılmış dəstək sistemləri faktura sorğularını və kəsilmə bildirişlərini idarə edir, sürətli, dəqiq cavablar verir, eyni zamanda humanagentləri daha mürəkkəb tapşırıqları yerinə yetirmək üçün azad edir. Bu müzakirənin mərkəzi elektrik enerjisi ilə bağlı olsa da, paralel

transformasiyalar digər yüksək təsir göstərən sektorlarda - sənaye, binalar, nəqliyyat və kənd təsərrüfatında baş verir. Sənaye parametrləri, süni intellektlə idarə olunan texniki xidmət və prosesin optimallaşdırılması dayanma müddətini və enerji israfını azaldır. Ağıllı bina sistemləri HVAC, işıqlandırma və cihazları real vaxt rejimində tənzimləmək üçün süni intellektdən istifadə edir [25], şəbəkəli nəqliyyat həlləri isə elektrikli nəqliyyat vasitələri üçün enerji doldurma strategiyalarını optimallaşdırmaq və multimodal nəqliyyatı təşkil etmək üçün süni intellektdən istifadə edir



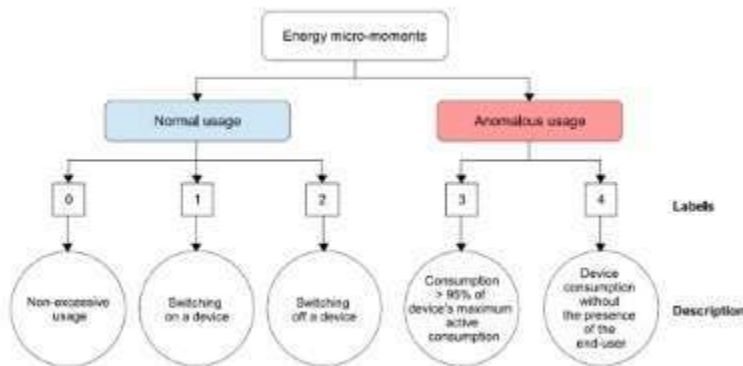
Şək. 1. Tədqiqat metodologiyası sxemi

Elektrik stansiyalarının idarə edilməsində AI modellərinin tətbiqi elektrik stansiyalarının idarə edilməsində insan səhvlərinin sayını azaltmaqla stansiyanın işini yaxşılaşdırmağa məcburdur. Öyrənmə məqsədi ilə keçmişdən kifayət qədər məlumat verilərsə, AI insan səhvləri və emosiyaların təsiri olmadan sürətli və səmərəli qərar qəbul etmək üçün yaxşı bir həll ola bilər. Anomaliyaların aşkarlanması Enerji istehsalı və istehlakında anomaliyaların aşkarlanması İdeal olaraq, enerji istehsalı onun istehlakını tam əhatə etməlidir. Təəssüf ki, həmişə belə olmur. Sistem çox qeyri-xəttidir və ona görə də proqnozlaşdırmaq olduqca çətinidir. Normal vəziyyətdən kənara çıxma mənasını verən anomaliyalara həm enerji istehsalı, həm də istehlakı rast gəlinir. Potensial kütləvi ictimai və iqtisadi itkilərə görə nüvə elektrik stansiyalarının anomaliyalarını izləmək, aşkar etmək və düzəltmək xüsusilə vacibdir. Tədqiqat [10] həyata keçirilmişdir ki, bu da elektrik stansiyasının təhlükəsizliyini və məhsuldarlığını əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırmaq üçün atom elektrik stansiyasının anomaliyalarının aşkarlanmasında süni neyron şəbəkələri birləşdirən modelin yaradılması ilə nəticələnmişdir. Mövcud sistemdə operatorlar böyük həcmdə məlumat təşkil edən anomaliyaları əl ilə tanıyırlar. Bu, çox qısa müddətdə böyük həcmdə verilənləri təhlil edə və öyrədilmiş nümunələri tanıya, potensial olaraq vaxta qənaət edə və insan səhvləri şansını azalda bilən neyron şəbəkələrinin tətbiqi üçün mükəmməl bir vəziyyətdir. Hazırlanmış yeni model klassik dərin öyrənmə alqoritminin törəməsi olan və insan beyninin təhlili prosesini

təqlid edən konvolyusiya neyron şəbəkələrindən istifadə edir. Təsvirin tanınmasında xüsusilə təsirli olduğundan, nüvə stansiyasının məlumatları qrafik formada təqdim edilə bilər ki, bu da insan operatorları tərəfindən daha asan başa düşülə bilər. Təklif olunan model iki kanallı 2D təsvirlərdən istifadə edir: bir kanal neyron şəbəkəsinin cari vəziyyətini təqdim edir, ikinci kanal isə müəyyən bir dövrdə dəyişən nümunələri göstərir. Təhlil olunan məlumatların bu cür aqrafik təsvirinə nümunə Şəkil 2-də göstərilə bilər. Təcrübələr sübut etdi ki, bu yanaşma alternativ təsnifat alqoritmlərindən daha effektivdir. İndiyə qədər modelin məhdudiyyətləri var. Əvvəlcə o, süni model üzərində öyrədildi və sınaqdan keçirildi. İkincisi, sınaqdan keçirilmiş anomaliyalar məhdud idi və bütün mümkün anormal hadisələri nəzərə almırdı. Sonra, model yalnız yeddi hadisə aşkar edir və düzəldici tədbirlər görmür. Nəhayət, bir anda yalnız bir hadisə ilə məşğul olur. Həmçinin, hazırda naməlum anomaliyaların öhdəsindən gəlmək üçün modelə bütün mümkün ssenariləri daxil etmək üçün əlavə təlim tələb olunur. Buna görə də model üzərində daha çox işləmək lazımdır. Tədqiqat indiyə qədər çox ümidverici görünür. Başqa bir tədqiqat [24] binalarda anomaliyaların aşkarlanması ilə bağlı enerji istehlakı ilə məşğul olur. Tapşırıqın özü sadə deyil, çünki asan anomaliyanın nə olduğunu qərarlaşdırmaq çətindir. Şəkil 3-də enerji istehlakı zamanı anomaliyalar kimi təsnif edilə bilən nümunəni görə bilərik. Etiketlər sonrakı email və məlumatların vizuallaşdırılması üçün hadisəni etikətləmək və çeşidləmək üçün istifadə edilə bilər



Şəkil 2. Anomaliyaların aşkarlanması alqoritmi üçün 2D təsvir. a) – cari vəziyyət; b) – nümunənin dəyişdirilməsi; c) – üst-üstə düşən 2Dimage



Şəkil 3. Normal və anomal enerji istehlakı

Bu rəqəmsal uçurum, əgər siyasətlər aktiv şəkildə kapitalla diqqət yetirmirsə, enerji bölgüsünə çevrilə bilər [28]. Buna baxmayaraq, şəffaf süni intellekt alətləri – istehlak meyllərini vizuallaşdıran ictimai idarə panelləri kimi – demokratik əlaqəni gücləndirə, icmaları öz narahatlıqlarını ifadə etməyə və yerli təşəbbüslərə rəhbərlik etməyə təşviq edə bilər. Bu yolla, inklüziv təhsil və təbliğat ilə birlikdə diqqətli idarəetmə süni intellektin transformasiya potensialının geniş şəkildə paylaşılmasını təmin etmək üçün vacibdir [29]. Böyük dil modelləri (LLM) və çox agentli arxitekturalar enerji tətbiqlərində cəlbedicilik qazandıqca, məlumatların idarə edilməsi və kibertəhlükəsizlik əsas narahatlıqlar kimi ortaya çıxır [30]. Süni intellekt həlləri əsas etibarlı ilə hərtərəfli, yüksək keyfiyyətli verilənlər toplusuna əsaslanır – tarixi yük profillərindən tutmuş cari şəbəkə şərtlərinə qədər. Təhlükəli və ya manipulyasiya edilmiş məlumatlar süni intellekt proqnozlarını etibarsız edə bilər, səmərəliliyin əldə edilməsinə xələl gətirə bilər və hətta kritik enerji əməliyyatlarını poza bilər. Çox agentli sistemlərdə paylanmış AI modulları tələblərə cavab vermək və ya bərpa olunan integrasiya kimi tapşırıqları əlaqələndirmək üçün əlaqə qurur. Bu struktur zəifliyi artırır: tək bir təhlükə altında olan kanal təcavüzkarlara yalan siqnallar daxil etməyə və ya həssas məlumatları oğurlamağa imkan verə bilər. Beləliklə, ciddi kriptografik mühafizə tədbirləri, davamlı audit və güclü anomaliya aşkarlama tədbirləri vacibdir. Xüsusilə LLM-lər ev təsərrüfatlarının istehlak qeydlərini və ya maliyyə təfərrüatlarını idarə edərsə, məxfilik qaydaları da ön plana çıxır. Məlumatların mühafizəsi standartlarına uyğunluq, real vaxt rejimində təhlükə monitorinqi və uğursuzluqdan qorunma protokolları ilə yanaşı, həm ictimai inamı, həm də əməliyyat davamlılığını gücləndirir. Kommunal xidmətlər, hökumətlər və tədqiqat institutları arasında əməkdaşlıq kritik infrastrukturun mühafizəsi üçün sənaye standartlarını inkişaf etdirərək təhlükəsizlik təcrübələrini daha da birləşdirə bilər [30]. İqtisadi və təhlükəsizlik aspektləri enerji keçidlərində süni intellektdən istifadə edən əsas etik məsuliyyətlərlə kəsişir. Texnoloji investorlar üçün əsas paradoks süni intellekt qabiliyyətini artırmaqla yanaşı, onun karbon izini azaltmaqdan ibarətdir. LLM tədqiqatının bir çox əsas oyunçuları, texnoloji konqlomeratlardan tutmuş innovativ startaplara qədər, bərpa olunan enerji sertifikatları almaq və ya yaşıl layihələrə sərmayə qoymaqla açıq şəkildə karbon neytrallığına sadıqdırlar. Bununla belə, məlumat mərkəzlərində artım çox vaxt günəş və külək enerjisi imkanlarının genişlənməsini üstələyir. Tənzimləyici maneələr, torpaq məhdudiyyətləri və şəbəkə məhdudiyyətləri bərpa olunan enerji mənbələrinin yerləşdirilməsinə mane ola bilər və bu, real vaxt enerji tələbatının yaşıl təchizatı üstələməsinə səbəb ola bilər.

Nəticə: Bu tədqiqatdan bir sıra mühüm nəticələr çıxarmaq olar. Birincisi, yeni inkişaf edən texnologiya olan süni intellekt alqoritmləri enerji sektorunda tətbiqi üçün olduqca yüksək potensiala malikdir. Perspektivli tətbiqlərə enerji istehsalı və tələbatının proqnozlaşdırılması, enerji istehlakının optimallaşdırılması, enerji oğurluğunun aşkarlanması, həm istehsal, həm də istehlakçı tərəfində anomaliyaların aşkarlanması, enerji avadanlığının və şəbəkəsinin diaqnostikası və saxlanması, enerji sistemi və enerji bazarının analitikası, elektrik stansiyalarının performansının yaxşılaşdırılması, ağıllı şəbəkələr və ağıllı şəhərlər, sıfır enerji siyasətinin həyata keçirilməsi və digərləri daxildir. Məqalə.İkincisi, ənənəvi reqressiya və təsnifat maşın öyrənmə alqoritmləri hələ də enerji sektorunda üstünlük təşkil etsə də, süni

neyron şəbəkələri və onların törəmələri saysız-hesabsız tədqiqatların daha effektiv olduğu sübut edilmişdir. İnsan beyninin anatomiyasına əsaslanan, lakin yüksək hesablama gücü ilə dəstəklənən Dərin Öyrənmə, gözlənilməz analitika və nümunənin tanınması üçün əla nəticələr verir. Beləliklə, bütün dünyada ciddi şəkildə tədqiq edilir. Nəhayət, yeni texnologiya olan AI inkişaf üçün böyük potensiala malikdir. Buna görə də, süni intellektlə bağlı araşdırmalara daha çox resurs cəlb etmək vacibdir. Orada araşdırmalar bir neçə vacib sahəyə diqqət yetirməlidir, bunlardan biri süni intellekt zəifliyi ilə bağlı məlumat təhlükəsizliyi və rəqəmsallaşmış enerji sektoru düşmən qüvvələr üçün potensial hədəfidir.

ƏDƏBİYYAT

1. Castrejon-Kampos, O.; Bəli, L.; Hui, F.K.P. Siyasət qarışıqlarının daha möhkəm edilməsi: Təmiz enerji keçidləri üçün integrativ və fənlərarası yanaşma. *Enerji Res. Soc. Sci.* 2020, 64, 101425. [CrossRef]
2. Salman, M.; Vanq, G.; Qin, L.; O, X. Karbon neytrallığı üçün G20 yol xəritəsi: Dəyişən geosiyasi mənzərədə Paris razılaşmasının rolu, süni intellekt və enerji keçidi. *J. Environ. idarə et.* 2024, 367, 122080. [CrossRef] [PubMed]
3. Rabbi, M.F.; Popp, J.; Maté, D.; Kovács, S. Enerji Təhlükəsizliyi və Karbon neytrallığına nail olmaq üçün enerjiyə keçid. *Enerjilər* 2022, 15, 8126. [CrossRef]
4. Khalid, M. Ağıllı şəbəkələr və bərpa olunan enerji sistemləri: Perspektivlər və şəbəkə integrasiyası problemləri. *Energy Strategy Rev.* 2024, 51, 101299. [CrossRef]
5. Jin, D.; Ocone, R.; Jiao, K.; Xuan, J. Enerji və AI. *Energy AI* 2020, 1, 100002. [CrossRef]
6. Villalobos-Alva, J.; Ochoa-Toledo, L.; Villalobos-Alva, M.J.; Əlisəda, A.; Peres-Eskamiroso, F.; Altamirano-Bustamante, N.F.; Ochoa-Fernández, F.; Zamora-Solis, R.; Villalobos-Alva, S.; Revilla-Monsalve, C.; və b. Protein Elmi Süni İntellektlə Görüşür: Sisteməlik İcmal və Sahənin Biyokimyəvi Meta-Təhlili. *Ön. Bioeng. Biotexnol.* 2022, 10, 788300. [CrossRef]
7. Park, J.S.; O'Brien, J.; Cai, C.J.; Morris, M.R.; Liang, P.; Bernstein, M.S. Generativ agentlər: İnsan davranışının interaktiv simulyatoru. İstifadəçi İnterfeysi Proqramı və Texnologiyası üzrə 36-cı İllik ACM Simpoziumunun materiallarında, San Fransisko, CA, ABŞ, 29 oktyabr – 1 noyabr 2023-cü il; səh. 1–22
8. Park, J.S.; Zou, C.Q.; Şou, A.; Hill, B.M.; Cai, C.; Morris, M.R.; Willer, R.; Liang, P.; Bernstein, M.S. 1000 nəfərin generativ agent simulyasiyaları. *arXiv* 2024, arXiv:2411.10109.
9. Lu, C.; Lu, C.; Lange, R.T.; Foerster, J.; Clune, J.; Ha, D. Ai alim: Tam avtomatlaşdırılmış açıq uçlu elmi kəşfə doğru. *arXiv* 2024, arXiv:2408.06292.
10. Toner-Rodgers, A. Süni intellekt, elmi kəşf və məhsul innovasiyası. *arXiv* 2024, arXiv:2412.17866.
11. Keefe, T.L.; Hardin, K.; Nagdeo, J. 2025 Enerji və Kommunal Sənayenin Görünüşü; Deloitte: Nyu-York, NY, ABŞ, 2024.
12. Larsson, S.; Heintz, F. Süni intellektə şəffaflıq. *İnternet Siyasəti Rev.* 2020, 9, 1–16. [CrossRef]

13. Russell, S.; Norvig, P. Süni intellekt: Müasir yanaşma; Prentice Hall: Hoboken, NJ, ABŞ, 2009.
14. Babu, M.V.S.; Banana, K. Dar süni intellektlə bağlı araşdırma - İcmal. Int. J. Eng. Sci. Adv. Texnologiya. 2024, 24, 210–219.
15. Bubek, S.; Çandrasekaran, V.; Eldan, R.; Gerke, J.; Horvitz, E.; Kamar, E.; Li, P.; Li, Y.T.; Li, Y.; Lundberg, S. Sparks of süni ümumi intellekt: gpt-4 ilə erkən təcrübələr. arXiv 2023, arXiv:2303.12712.
16. McLean, S.; Oxu, G.J.; Tompson, J.; Baber, C.; Stanton, N.A.; Salmon, P.M. Süni Ümumi Zəka ilə əlaqəli risklər: Sisteməlik bir baxış. J. Exp. Teor. Artif. Intell. 2023, 35, 649–663. [CrossRef]
17. Chalmers, D.J. Təklil: Fəlsəfi təhlil. Elmi fantastika və fəlsəfədə: Zaman səyahətindən super zəkaya; Wiley: Hoboken, NJ, ABŞ, 2016; səh. 171–224.
18. Krithiga, G.; Mohan, V.; Senthilkumar, S. Süni intellektin və onun alt sahələrinin inkişaf yoluna qısa baxış. Int. J. Eng. Texnologiya. idarə et. Res. 2023, 10, 1–12. [CrossRef]
19. Danimarka, M.S.S.; Senjyu, T. Dayanıqlı Gələcək üçün AI-yə əsaslanan enerji siyasəti. Davamlılıq 2023, 15, 7643. [CrossRef]
20. Slate, D.D.; Parisot, A.; Min, L.; Panciatici, P.; Van Hentenryck, P. Elektrik Utilities tərəfindən Süni İntellektin Qəbul Edilməsi. Enerji LJ2024, 45, 1. [CrossRef]
21. Ferreira, V.; Zəngi, R.; Fortes, M.; Sotelo, G.; Silva, R.d.B.M.; Souza, J.; Guimarães, C.; Gomes, S., Jr. Elektrik enerjisi sisteminin ötürücü xətlərində nasazlıqların diaqnostikası üçün intellektual sistem tətbiqi üzrə sorğu. Elektrik. Güc sistemi. Res. 2016, 136, 135–153. [CrossRef]
22. Kumar, N.M.; Çand, A.A.; Malvoni, M.; Prasad, K.A.; Məmun, K.A.; İslam, F.; Chopra, S.S. paylanmış enerji resursları və AI, IoT və blockchain-in smart şəbəkələrdə tətbiqi. Enerjilər 2020, 13, 5739. [CrossRef]
23. Mol ęda, M.; Małysiak-Mrozek, B.; Ding, W.; Sunderam, V.; Mrozek, D. Düzəlişdən proqnozlaşdırıcı texniki xidmətə - Elektrik sənayesi üçün texniki xidmət yanaşmalarının nəzərdən keçirilməsi. Sensorlar 2023, 23, 5970. [CrossRef] [PubMed]
24. Alqarvio, H.; Lopes, F. Liberallaşdırılmış elektrik enerjisi bazarlarında agent əsaslı pərakəndə rəqabət və portfelin optimallaşdırılması: real dünya istehlakçıları əhatə edən tədqiqat. Int. J. Electr. Enerji Enerji Sistemi. 2022, 137, 107687. [CrossRef]
25. Merabet, G.H.; Essaaidi, M.; Haddou, M.B.; Qolomany, B.; Qədir, C.; Anan, M.; Əl-Fuqaha, A.; Abid, M.R.; Benhaddou, D. İstilik rahatlığı və enerji səmərəliliyi üçün binanın intellektual idarəetmə sistemləri: Süni intellektlə dəstəklənən üsulların sisteməlik nəzərdən keçirilməsi. Yeniləyin. Davam et. Energy Rev. 2021, 144, 110969.
26. Vemoori, V. Qüsursuz Multi-Modal Nəqliyyat Şəbəkəsinin Nəzərdə tutulması: Avtonom Vasitə Ekosistemlərində Əlaqəli Kəşfiyyat, Real-TimeData Mübadiləsi və Adaptiv Kibertəhlükəsizlik üçün Çərçivə. Avust. J. Mach. Öyrən. Res. Tətbiq. 2024, 4, 98–131.
27. Kyriakarakos, G.; Petropoulos, T.; Marinoudi, V.; Berruto, R.; Bochtis, D. Karbon Təsərrüfatı: Siyasət Məqsədləri ilə Texnologiyanın İnkişafını Birləşdirmək. Davamlılıq 2024, 16, 1903. [CrossRef]
28. Yue, Q.; Zhang, M.; Song, Y. Rəqəmsal uçurumun dünya üzrə enerji yoxsulluğuna təsiri: Gəlir bərabərsizliyinin vasitəçi rolu. Enerji Siyasəti 2024, 195, 114349. [CrossRef]

29. Kosta, C.J.; Aparicio, M.; Aparicio, S.; Aparicio, J.T. Süni intellektin demokratikləşməsi: nəzəri çərçivə. Appl.Sci. 2024, 14, 8236. [CrossRef]
30. Venkatachary, S.K.; Prasad, J.; Samikannu, R. Enerji sektorunda kibertəhlükəsizlik və kiberterrorizm - İcmal. J. Cyber Secur.Technol. 2018, 2, 111–130. [CrossRef]

ABSTRACT

Valida Hajiyeva

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE ENERGY INDUSTRY – LATEST TRENDS, TECHNOLOGICAL INNOVATIONS, AND SCIENTIFIC DISCOVERIES

The aim of this paper was to review recent research in the field of artificial intelligence applications in the energy sector. First, a brief introduction to the concept of the fourth industrial revolution was provided. Then, the latest innovations and trends in this field were presented. The analyzed research papers were grouped into the following areas: general industry and energy production, anomaly detection, residential buildings and smart cities, energy market and energy system. Each research paper was discussed and its results were described. Finally, a brief summary of the current state of the technology was provided. It should be noted that currently, artificial neural networks and especially Deep Learning algorithms are at the center of most research and provide the most promising results in the field of predictive modeling and pattern recognition.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, energy sector, emerging technology, Industry

АННОТАЦИЯ

Валида Гаджиева

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ – ПОСЛЕДНИЕ ТРЕНДЫ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ И НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ

Целью данной работы был обзор последних исследований в области применения искусственного интеллекта в энергетическом секторе. Сначала было дано краткое введение в концепцию четвертой промышленной революции. Затем были представлены последние инновации и тенденции в этой области. Проанализированные научные работы сгруппированы по следующим направлениям: общая промышленность и производство энергии, обнаружение аномалий, жилые здания и умные города, энергетический рынок и энергосистема. Каждое исследование обсуждалось и его результаты были описаны. В заключение приводится краткий обзор текущего состояния технологии. Следует отметить, что в настоящее время искусственные нейронные сети, и особенно алгоритмы глубокого обучения, находятся в центре большинства исследований и обеспечивают наиболее многообещающие результаты в области предиктивного моделирования и распознавания образов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, энергетический сектор, новые технологии, промышленность.

PILOTSUZ TEXNOLOGİYALARIN NƏQLİYYAT SEKTORUNDA ROLU

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17515275>

Yadulla HƏZİYEV
yadohazi@gmail.com

Səyyad VƏLİYEV
seyyadveliye@gmail.com

Fərahim MƏMMƏDOV
ferahimm35@gmail.com

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Müasir nəqliyyat sistemlərinin inkişafında pilotsuz texnologiyalar mühüm rol oynayır. Avtonom nəqliyyat vasitələri, dronlar və süni intellekt əsaslı idarəetmə sistemləri nəqliyyatın səmərəliliyini artırır, təhlükəsizliyi gücləndirir və əməliyyat xərclərini azaldır. Bu texnologiyalar avtomobil, dəmir yolu, hava və dəniz nəqliyyatında geniş tətbiq olunaraq daşımaların daha sürətli və dəqiq icrasına imkan yaradır. Xüsusilə şəhər mühitində pilotsuz nəqliyyat sıxlığının azaldılmasına və ekoloji təsirlərin minimallaşdırılmasına kömək edir. Bununla yanaşı, bu texnologiyaların tətbiqi normativ-hüquqi çərçivələr, infrastrukturun uyğunlaşdırılması və kiber təhlükəsizlik kimi bir sıra çağırışlarla müşayiət olunur. Pilotsuz texnologiyaların nəqliyyat sektorunda rolu gələcəkdə daha da artacaq və onların effektiv integrasiyası dayanıqlı və ağıllı nəqliyyat sistemlərinin qurulmasına mühüm töhfə verəcəkdir.

Açar sözlər: innovativ texnologiyalar, süni intellekt, pilotsuz nəqliyyat vasitələri, sensorlar, maşın öyrənməsi, avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri, logistika.

Giriş

Müasir dünyada nəqliyyat sistemlərinin effektivliyini və təhlükəsizliyini artırmaq məqsədilə innovativ texnologiyaların tətbiqi sürətlə genişlənir. Bu texnologiyalar nəqliyyat sistemini daha ağıllı və səmərəli etməklə yanaşı, iqtisadi və sosial inkişafa da töhfə verir. Pilotsuz nəqliyyat vasitələri süni intellekt, sensorlar, maşın öyrənməsi və avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərindən istifadə edərək insan müdaxiləsi olmadan fəaliyyət göstərir. Bu texnologiyaların inkişafı yol hərəkətinin təhlükəsizliyinin artırılması, tıxacların azaldılması, yanacaq sərfiyyatının optimallaşdırılması və ətraf mühitə mənfi təsirin minimuma endirilməsi baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Pilotsuz texnologiyaların tətbiqi xüsusilə şəhər mühitində, logistika və yük daşımalarında, eləcə də ictimai nəqliyyatda səmərəliliyin artırılmasına yönəlib. Pilotsuz nəqliyyat vasitələrinin süni intellekt və maşın öyrənməsi texnologiyalarından istifadə etməsi onların real vaxt rejimində ətraf mühiti analiz etməsinə, təhlükəsizlik tədbirlərini gücləndirməsinə və optimal marşrutlar müəyyən etməsinə imkan yaradır. (Şəkil 1.).



Şəkil 1. İctimai nəqliyyatda pilotsuz texnologiyaların tətbiqi.

Kibertəhlükəsizlik, qanunvericilik çərçivələrinin formalaşdırılması, infrastrukturun uyğunlaşdırılması və ictimai qəbul səviyyəsi bu texnologiyanın kütləvi istifadəsinə təsir edən əsas amillərdir.

Tədqiqat metodu.

Dünya ölkələrinin nəqliyyat siyasətində bu texnologiyalara xüsusi diqqət ayrılması, pilotsuz sistemlərin tədqiqi və sınaqlarının genişləndirilməsi onların yaxın gələcəkdə tam integrasiya olunacağını göstərir. Bu baxımdan, pilotsuz texnologiyaların nəqliyyat sektorundakı rolu həm iqtisadi, həm sosial, həm də ekoloji cəhətlərdən olduqca aktual və strateji əhəmiyyətə malik bir mövzudur. (Əliyeva, 2022, s. 37.).

Pilotsuz texnologiyalar nəqliyyat sektorunda əsasən aşağıdakı sahələrdə tətbiq olunur:

- Avtonom avtomobillər. Sürücüsüz nəqliyyat vasitələri şəhər nəqliyyatı və yük daşımalarda istifadə edilir; (Şəkil 2.).



Şəkil 2. Avtonom avtomobillər.

-

- Pilotsuz uçuş aparatları (PUA). Yük daşımalarda, fəvqəladə hallarda və kəşfiyyat əməliyyatlarında geniş tətbiq olunur; (Şəkil 3.).



Şəkil 3. Pilotsuz uçuş aparatları (PUA).

- Avtonom dəniz və dəmir yolu nəqliyyatı. Gəmilər və qatarlar yük və sərnişin daşımalarını daha təhlükəsiz və səmərəli şəkildə həyata keçirir. (Hacıyev, Əhədov, 2020, s.177..)

Pilotsuz texnologiyaların əsas xüsusiyyətlərinə nümunə olaraq aşağıdakıları qeyd edə bilərik:

- Pilotsuz nəqliyyat vasitələri (avtomobillər, qatarlar, gəmilər və dronlar) insan müdaxiləsi olmadan hərəkət edə bilər. Onlar süni intellekt, sensorlar və məlumat emalı sistemləri vasitəsilə ətraf mühiti analiz edərək müstəqil qərarlar qəbul edirlər;
- Pilotsuz texnologiyalar dərin öyrənmə (deep learning) və maşın öyrənməsi (machine learning) alqoritmlərindən istifadə edərək real vaxt rejimində naviqasiya və situasiya analizi aparırlar;
- Lidar, radar, GPS, ultrasonik sensorlar və kameralar vasitəsilə pilotsuz nəqliyyat vasitələri ətraf mühiti tanıyır, maneələri aşkar edir və müvafiq qərarlar qəbul edirlər;
- Pilotsuz sistemlər real vaxt məlumat mübadiləsi üçün 5G, V2X (Vehicle-to-Everything) və digər simsiz rabitə texnologiyalarından istifadə edərək digər nəqliyyat vasitələri və infrastrukturla əlaqə saxlayır;
- Qəza hallarının qarşısını almaq üçün avtomatik əyləc sistemləri, adaptiv sürət tənzimləmə mexanizmləri və təcili vəziyyətlərdə təhlükəsiz dayandırma funksiyaları ilə təchiz olunur;
- Pilotsuz nəqliyyat vasitələri adətən elektrik və ya alternativ enerji mənbələri ilə işləyərək yanacaq sərfiyyatını azaldır və karbon emissiyalarını minimuma endirir;
- Süni intellekt əsaslı marşrut planlaşdırma və sıxlıq idarəetmə sistemləri sayəsində nəqliyyat axınlarını tənzimləyərək tıxacların qarşısını alır və vaxt itkisini azaldır;

- Pilotsuz texnologiyalar avtomobil nəqliyyatı, dəmir yolu, hava və dəniz daşımaları sahələrində geniş istifadə olunur. Onlar yük daşımaları, sərnişin nəqliyyatı, logistik xidmətlər və hərbi məqsədlər üçün tətbiq edilir;
- Pilotsuz texnologiyalar kiberhücumlara qarşı xüsusi təhlükəsizlik protokolları ilə qorunmalı, məlumatların şifrələnməsi və təhlükəsiz ötürülməsi təmin edilməlidir;
- Pilotsuz texnologiyaların genişmiqyaslı tətbiqi üçün milli və beynəlxalq hüquqi tənzimləmələrə uyğun standartlar hazırlanmalı və onların əməliyyat təhlükəsizliyi təmin edilməlidir.

Bu xüsusiyyətlər pilotsuz nəqliyyat sistemlərinin effektivliyini artıraraq gələcəyin ağıllı və innovativ nəqliyyat həllərinin əsasını təşkil edir. (Quliyev, 2020, s.80).

Pilotsuz texnologiyaların faydalarına nümunə olaraq aşağıdakıları deyə bilərik:

- Pilotsuz nəqliyyat vasitələri insan səhvlərini minimuma endirərək yol qəzalarının və təhlükəli halların qarşısını alır. Süni intellekt və sensor sistemləri vasitəsilə maneələri vaxtında aşkar edərək qəza riskini azaldır;
- Avtonom nəqliyyat vasitələri yol hərəkətini daha səmərəli idarə edir, tıxacları azaldır və marşrutları avtomatik optimallaşdıraraq vaxt itkisinin qarşısını alır;
- Pilotsuz nəqliyyat vasitələri optimal sürət və marşrut seçimləri edərək yanacaq sərfiyyatını azaldır, alternativ enerji mənbələrindən istifadə edərək ekoloji təsirləri minimuma endirir;
- Elektriklə işləyən və səmərəli idarə olunan pilotsuz nəqliyyat sistemləri karbon emissiyalarını azaldır, şəhər mühitinin havasını təmiz saxlayır və ekoloji balansı qoruyur;
- Pilotsuz yük maşınları, dronlar və avtonom çatdırılma sistemləri ilə yükdaşımlar daha sürətli, dəqiq və az xərc tələb edən bir prosesə çevrilir;
- Pilotsuz nəqliyyat vasitələrinin geniş tətbiqi sürücü və operator ehtiyacını azaldaraq nəqliyyat şirkətlərinin əməliyyat xərclərini aşağı salır;
- Avtonom nəqliyyat vasitələri fasiləsiz işləyə bilir, bu da yük və sərnişin daşımalarının dayanmadan həyata keçirilməsinə imkan yaradır;
- Pilotsuz texnologiyalar dar yollar, dayanacaqlar və mürəkkəb yol şəraitində daha dəqiq hərəkət edərək qəza və sürücülük səhvlərini azaldır;
- Xüsusilə yaşlılar, əlillər və sürücülük bacarığı olmayan şəxslər üçün pilotsuz avtomobillər sərbəst hərəkət etmə imkanını artırır;
- Avtonom nəqliyyat sistemləri ağıllı yollar, ağıllı şəhərlər və nəqliyyat infrastrukturunun optimallaşdırılması ilə daha nizamlı və səmərəli hərəkət mühiti yaradır.

Pilotsuz texnologiyalar nəqliyyat sektorunda inqilabi dəyişikliklər yaradaraq, daha təhlükəsiz, iqtisadi cəhətdən səmərəli və ekoloji baxımdan dayanıqlı bir gələcək formalaşdırır. (İsayev, 2023, s. 101).

Pilotsuz texnologiyalardan istifadə zamanı bəzi çətinliklər yarana bilər:

- Pilotsuz nəqliyyat vasitələrinin düzgün işləməsi üçün yüksək dəqiqlikli sensorlar və süni intellekt sistemləri tələb olunur. Gözlənilməz hava şəraiti, texniki nasazlıqlar və proqram təminatındakı səhvlər qəzalara səbəb ola bilər;

- Avtonom nəqliyyat vasitələri məlumatların ötürülməsi və idarə olunması üçün şəbəkəyə bağlı olduqları üçün haker hücumlarına qarşı həssasdır. Kibertəhlükəsizlik tədbirlərinin yetərli olmaması ciddi risklər yarada bilər;
- Bir çox ölkədə pilotsuz nəqliyyat vasitələrinin istifadəsini tənzimləyən qanunvericilik hələ tam formalaşmayıb. Qanuni məsuliyyət məsələləri, sığorta sistemləri və yol qaydalarına uyğunluq problemlər yarada bilər;
- İnsanların avtonom nəqliyyat vasitələrinə tam etibar etməməsi onların geniş tətbiqini ləngidə bilər. Xüsusilə qəzalar və texniki problemlər ictimai inamın azalmasına səbəb ola bilər;
- Pilotsuz nəqliyyat sistemlərinin effektiv fəaliyyəti üçün xüsusi infrastruktur (ağıllı yollar, sensor şəbəkələri, V2X (Vehicle-to-Everything) texnologiyaları və s.) tələb olunur. Bu infrastrukturun qurulması böyük maliyyə yatırımları tələb edir;
- Pilotsuz texnologiyalar sıx şəhər nəqliyyatında, piyada hərəkətinin çox olduğu ərazilərdə və qeyri-standart yol şəraitlərində çətinliklərlə qarşılaşa bilər;
- Duman, qar, güclü yağış və digər əlverişsiz hava şəraitləri sensor və naviqasiya sistemlərinin düzgün işləməsinə mane ola bilər, bu da təhlükəsizlik risklərini artırır;
- Pilotsuz texnologiyaların geniş yayılması nəqliyyat sektorunda işləyən sürücülərin və operatorların iş yerlərini itirməsinə səbəb ola bilər. Bu isə sosial və iqtisadi problemlərə gətirib çıxara bilər;
- Pilotsuz nəqliyyat vasitələrinin işlək vəziyyətdə saxlanılması üçün xüsusi texniki xidmətlər və ixtisaslı mütəxəssislər tələb olunur. Bəzi bölgələrdə bu cür xidmətlərin çatışmazlığı sistemin geniş tətbiqini çətinləşdirir;
- Pilotsuz sistemlər qəza vəziyyətlərində hansı qərarları verməli olduğu ilə bağlı etik problemlərlə qarşılaşır. Məsələn, qəza baş verəcəyi halda insan həyatını qorumaq üçün hansı seçim edilməlidir? Bu suallar hələ də texnoloji və etik müzakirələr mövzusudur.

Bütün bu çətinliklərə baxmayaraq, pilotsuz texnologiyaların inkişafı davam edir və gələcəkdə bu problemlərin həlli üçün yeni innovativ həllər ortaya çıxacaqdır. (Məmmədov, 2021, s. 27).

Gələcəkdə pilotsuz nəqliyyat texnologiyalarının şəhər daxili nəqliyyatda, yük daşımalarında və ictimai nəqliyyatda daha geniş tətbiq olunacağı gözlənilir. Süni intellekt və 5G texnologiyasının inkişafı bu sahədə inqilabi dəyişikliklərə yol açacağı proqnozlaşdırılır. Pilotsuz texnologiyaların gələcək perspektivlərini vəd edən amillərə nəzər salaq:

- Süni intellekt və maşın öyrənməsi texnologiyalarının inkişafı pilotsuz nəqliyyat vasitələrinin daha dəqiq qərarlar verməsinə və çətin yol şəraitində daha effektiv idarə olunmasına imkan yaradacaq;
- Pilotsuz nəqliyyat sistemlərinin ağıllı şəhərlərlə inteqrasiyası yol hərəkətinin optimallaşdırılmasını, tıxacların azaldılmasını və daha təhlükəsiz nəqliyyat mühitinin yaradılmasını təmin edəcək;
- Gələcəkdə pilotsuz avtomobillər, avtobuslar, dronlar və qatarlar ictimai nəqliyyatda geniş şəkildə istifadə ediləcək. Bu da insan faktoru olmadan daha təhlükəsiz və effektiv sərnişin daşınmasını təmin edəcək;

- Elektrik və hidrogen yanacağı ilə işləyən pilotsuz nəqliyyat vasitələri ətraf mühitə təsiri azaldacaq və yaşıl enerji mənbələrinin daha geniş yayılmasına təkan verəcək;
- Pilotsuz yük maşınları, konteyner daşıyan qatarlar və dronlar loqistika sektorunda inqilabi dəyişikliklər yaradaraq daşımaların sürətini və effektivliyini artıracaq;
- Gələcəkdə pilotsuz nəqliyyatın tam qanuni əsaslarla işləməsi üçün beynəlxalq və milli səviyyədə yeni qanunvericilik çərçivələri və təhlükəsizlik standartları hazırlanacaq;
- Pilotsuz texnologiyalar süni intellekt və V2X (Vehicle-to-Everything) texnologiyası vasitəsilə digər nəqliyyat vasitələri və yol infrastrukturu ilə ünsiyyət quraraq qəza risklərini minimuma endirəcək;
- Avtonom uçuş sistemlərinin təkmilləşdirilməsi pilotsuz sərnişin təyyarələri və hava taksilərinin istifadəsinə yol açacaq. Bu, şəhərlərdə hava nəqliyyatının inkişafına və yeni mobillik həllərinin yaranmasına səbəb olacaq;
- Texnologiyanın inkişafı ilə yanaşı insanların pilotsuz nəqliyyata olan etibarını artacaq. Avtonom nəqliyyatın təhlükəsizliyinin sübut olunması onun daha geniş tətbiqini sürətləndirəcək;
- Gələcəkdə pilotsuz sistemlər daha mürəkkəb etik və hüquqi qərarlar vermək qabiliyyətinə sahib olacaq, bu da onların real həyatda daha etibarlı və adaptiv işləməsinə şərait yaradacaq. (Vəliyeva, 2020, s. 210).

Nəticə

Pilotsuz texnologiyaların nəqliyyat sektorunda tətbiqi sürətli, təhlükəsiz və səmərəli nəqliyyat sistemlərinin formalaşmasına mühüm töhfə verir. Avtonom nəqliyyat vasitələri və süni intellekt əsaslı idarəetmə sistemləri nəqliyyatın optimallaşdırılmasına, yol hərəkətinin təhlükəsizliyinin artırılmasına və ekoloji təsirlərin azaldılmasına imkan yaradır. Bununla yanaşı, bu texnologiyaların geniş tətbiqi normativ-hüquqi tənzimləmə, infrastrukturun yenilənməsi və kibertəhlükəsizlik kimi məsələləri də gündəmə gətirir. Gələcəkdə pilotsuz nəqliyyat texnologiyalarının daha da təkmilləşdirilməsi və integrasiyası, şəhər və beynəlxalq daşımaların effektivliyini artıraraq, nəqliyyat sektorunda yeni imkanlar açacaqdır.

ƏDƏBİYYAT.

1. Əliyeva S. R. (2022). "Urban nəqliyyatında pilotsuz texnologiyaların üstünlükləri". Nəqliyyat və Kommunikasiya, №2, s. 34 - 43.
2. Hacıyev C. C. və Əhədov V. B. (2020). Azərbaycanda nəqliyyat sektorunun inkişafında dövlətin rolu. Elmi Əsərlər: İqtisadiyyat, 1, s.172 - 180.
3. Quliyev R. İ. (2020). "Süni intellektin və robot texnologiyalarının nəqliyyatda tətbiqi". Azərbaycan Texniki Universitetinin Elmi Əsərləri, №3, s. 74 - 85.
4. İsayev T. H. (2023). Nəqliyyat və logistika sistemlərində innovasiyalar. Gəncə: TexnoKitab. s. 95 -110.
5. Məmmədov F. A. (2021). Pilotsuz avtomobillər: texnologiya və tətbiq sahələri. Bakı: Elm və Təhsil. s. 23 - 28.

6. Vəliyeva N. (2020). Müxtəlif sənaye sahələrində pilotsuz nəqliyyat vasitələrinin əhəmiyyəti və pilotsuz avtomobillərdə süni intellektin mövcud vəziyyətinə ümumi baxış. AEM Journal, 32, s. 208 - 211.

ABSTRACT

Yadulla Heziyev
Sayyad Valiyev
Farahim Mammadov

THE ROLE OF UNMANNED TECHNOLOGIES IN THE TRANSPORTATION SECTOR

Unmanned technologies play an important role in the development of modern transport systems. Autonomous vehicles, drones and artificial intelligence-based control systems increase transport efficiency, enhance safety and reduce operating costs. These technologies are widely used in road, rail, air and sea transport, allowing for faster and more accurate execution of transportation. Especially in urban environments, unmanned transport helps to reduce congestion and minimize environmental impacts. At the same time, the application of these technologies is accompanied by a number of challenges, such as regulatory frameworks, infrastructure adaptation and cybersecurity. The role of unmanned technologies in the transport sector will increase further in the future, and their effective integration will make a significant contribution to the establishment of sustainable and intelligent transport systems.

Keywords: innovative technologies, artificial intelligence, unmanned vehicles, sensors, machine learning, automated control systems, logistics

АБСТРАКТ

Ядулла Гезиев
Сейяд Валиев
Фарахим Мамедов

РОЛЬ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТРАНСПОРТНОМ СЕКТОРЕ

Беспилотные технологии играют важную роль в развитии современных транспортных систем. Автономные транспортные средства, дроны и системы управления на основе искусственного интеллекта повышают эффективность перевозок, повышают безопасность и снижают эксплуатационные расходы. Эти технологии широко применяются на автомобильном, железнодорожном, воздушном и морском транспорте, обеспечивая более быструю и точную транспортировку. Беспилотный транспорт, особенно в городских условиях, помогает сократить заторы и минимизировать воздействие на окружающую среду. Однако внедрение этих технологий сопровождается рядом проблем, таких как нормативно-правовая база, адаптация инфраструктуры и кибербезопасность. Роль беспилотных технологий в транспортном секторе в будущем будет еще больше возрастать, а их эффективная интеграция внесет значительный вклад в создание устойчивых и интеллектуальных транспортных систем.

Ключевые слова: инновационные технологии, искусственный интеллект, беспилотные автомобили, датчики, машинное обучение, автоматизированные системы управления, логистика.

OPTIMIZATION OF UNCOUPLING BRAKING MODES ON SORTING SLIDES

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17515326>

Shahin ALIYEV
sahinaliyev@ndu.edu.az

Yadulla HAZIYEV
yadohazi@gmail.com

Nakhchivan State University.
Nakhchivan city, Republic of Azerbaijan

ANNOTATION

Optimizing the deceleration modes of detaches on sorting slides is a key aspect of improving the efficiency of railway marshalling yards. The introduction of state-of-the-art solutions, such as intelligent control systems and adaptive braking devices, can significantly improve the operational characteristics of sorting slides, increase the safety and reliability of operations, and reduce operating costs. The main focus is on integrating new technologies and optimizing existing processes to achieve the best results in the conditions of intensive operation of marshalling yards.

Keywords: cargo transportation, deceleration of detaches, car decelerators, reliability, adaptive control, automatic adaptations, machine learning technologies.

Introduction

Sorting slides play a key role in the organization of freight transport at railway stations. One of the most important aspects of their operation is the deceleration process, which requires high accuracy and efficiency. Optimization of the deceleration modes of uncouples can significantly increase the productivity and safety of sorting operations. (Aleksandrov, 2021, pp.23-36).

Research methods.

In recent years, new technologies aimed at automating and improving sorting processes have been actively introduced in the railway transport sector. State - of-the-art technologies in deceleration of detaches on sorting slides are aimed at improving the efficiency, accuracy and safety of sorting processes. These technologies are based on innovative solutions that include automation, intelligent control systems and the use of advanced materials and mechanisms.

An important role in this is played by car decelerators, which allow you to control the speed of detaching at different stages of sorting. Car decelerators are devices installed on the track of sorting slides to regulate the speed of detachments. Car decelerators are an important element of the infrastructure of marshalling slides at railway stations. They are used to control the speed of detaches and prevent accidents. Modern car deceleration systems are equipped with sensors and automatic controls that allow precise braking control and prevent accidents. There are several types of car retarders, which differ in the principle of operation, design and scope of application. (Ivanov, 2018, pp.45-78).

1. Mechanical retarders.

Mechanical decelerators are the simplest and most traditional devices that use mechanical forces to brake cars. The main types of mechanical retarders include:

-RLC retarders: These devices use rollers that are driven by an uncoupling. The resistance of the rollers ensures braking. Such retarders are easy to maintain, but have limited adjustability.

- K-line decelerators: These decelerators use wedges that are inserted between the rails and the wheels of the decouplers, creating resistance and slowing their movement. Wedge brakes are effective, but can wear out wheels and rails.

2. Pneumatic retarders.

Pneumatic decelerators use compressed air to create braking force. These devices offer greater accuracy and adjustability compared to mechanical retarders. The main advantages of pneumatic retarders include:

-smooth braking: Pneumatic systems provide smoother braking, which reduces the risk of damage to wagons and cargo;

-modulability: The air pressure can be precisely adjusted, which allows you to adapt the braking force depending on the weight and speed of the uncouplers;

- Reliability: Pneumatic retarders are highly reliable and long-lasting when properly maintained.(pic 1).



Picture 1. Pneumatic retarders

3. Hydraulic retarders.

Hydraulic decelerators use fluid to transmit braking force. They are highly efficient and have the ability to generate significant braking force. The main features of hydraulic retarders include:

-High efficiency: Hydraulic systems can develop large braking forces, making them suitable for heavy loads and high speeds.

- smooth braking: As well as pneumatic, hydraulic decelerators provide smooth and adjustable braking;

-durability: Hydraulic systems are wear-resistant and have a long service life with regular maintenance.(pic 2).



Picture 2. Hydraulic retarders

4. Electromagnetic retarders.

Electromagnetic retarders use a magnetic field to create a braking force. These devices are particularly efficient and accurate in controlling the speed of detaches. The main advantages of electromagnetic retarders include:

- high accuracy: Electromagnetic decelerators provide precise control of braking speed and torque, which minimizes the risk of accidents and damage.

- Fast response: Electromagnetic systems can respond quickly to changing conditions, making them very effective in dynamic environments.

- wear-free: Since there are no mechanical contacts in the electromagnetic retarders, they are not subject to wear, which reduces maintenance costs.

5. Combined systems.

Combined systems combine elements of different types of retarders to achieve the best possible performance. For example, combined decelerators can use hydraulic and electromagnetic components to provide high-power braking and precise control:

- flexible and adaptable: These systems can adapt to a wide range of operating conditions, ensuring optimal performance in all situations.

- high reliability: Combined decelerators are highly reliable due to the use of various technologies, which reduces the likelihood of failures.

Modern retarders are equipped with a number of technological improvements:

- electronic sensors and controllers: The use of sensors allows the decelerators to automatically determine the speed and mass of the release, adjusting the braking mode in real time. This allows for more accurate and safe deceleration.

- pneumatic and hydraulic systems: These systems provide smooth and efficient braking. Hydraulic decelerators are particularly effective when working with heavy loads and high speeds.

- intelligent control algorithms: Modern decelerators are equipped with algorithms that analyze data on each release and optimize the braking process, taking into account current conditions and traffic parameters.

Different types of car decelerators provide a variety of options for controlling the speed of detachments on sorting slides. The choice of a particular type of decelerator depends on many factors, including the type of load, operating conditions, requirements for accuracy and smooth braking. State - of-the-art technologies make it possible to create retarders that ensure high efficiency, reliability and safety of railway operations.

Various approaches are used to optimize the deceleration modes of detaches:

- analysis and modeling of processes. Create mathematical models that allow you to predict the behavior of detaches in various conditions. This helps to optimize braking parameters and improve overall sorting efficiency.

- and the use of automated control systems. Introduction of braking control systems that use data from sensors to automatically adjust the braking mode. This allows minimizing the human factor and improving the accuracy of operations.

- adaptive control. Use adaptive algorithms that can change the braking mode depending on the current conditions. For example, given the mass of detaches, weather conditions, and track conditions, systems can automatically select optimal braking parameters.

A number of major railway stations have successfully implemented projects to optimize the deceleration modes of detaches. For example, a complete solution was implemented at one of the stations, which includes modern car decelerators and an automatic control system. This reduced sorting time by 20%, reduced equipment wear and improved operational safety. (Kuznetsov, 2020, pp.89-102).

Automated control systems (ACS) for deceleration of detaches play a key role in modern sorting slides. The main components of the automated control system include:

- centralized control systems: They control the entire sorting process, from the moment the release is released to its complete stop. Such systems can be integrated with other infrastructure elements, such as arrow and alarm control systems.

- brakesand simulators: The use of mathematical models and simulators allows you to predict the behavior of detaches and optimize braking modes before they are actually applied. This reduces the risk of errors and increases the efficiency of operations.

- human-machine interfaces (HMI): Modern automated control systems are equipped with user-friendly and intuitive interfaces that make it easier for operators to control the sorting process and allow them to quickly respond to any deviations.

Adaptive braking systems automatically adapt to changing operating conditions:

- massoparametric braking: These systems take into account the mass and length of each release, as well as the slope and track conditions, to select the optimal braking mode. This is especially important for safety and collision prevention.

- limatic adaptations: Systems that adapt their parameters depending on weather conditions (for example, temperature and humidity) ensure reliable operation in all climatic zones. (Morozov, 2022, pp.77-91).

Artificial intelligence (AI) and machine learning technologies are playing an increasingly important role in controlling deceleration on sorting slides. These technologies can significantly improve the accuracy, reliability and efficiency of sorting operations, as well as improve safety at railway stations.

AI systems are able to analyze data coming from a variety of sensors and sensors installed on sorting slides. These sensors can record parameters such as speed, mass, temperature, humidity, and track conditions. Analysis of this data in real time allows AI systems to make optimal decisions on controlling the braking of uncouples. These systems can quickly determine the parameters of each release and select the appropriate braking mode, which minimizes the risk of collisions and damage. The system takes into account current weather conditions, such as rain, snow, or icing, and adjusts braking parameters to ensure reliability and safety.

AI systems use machine learning algorithms that can be independently trained and improved based on the accumulated experience. This allows systems to adapt to changing conditions and continuouslyimprove their performance. Machine learning systems analyze historical data about the operation of sorting slides and build models based on them that can predict the behaviorof detaches in various situations. Self-learning systems can quickly adapt to new operating conditions, such as changes in load or infrastructure, and optimize their algorithms for best results.

AI systems can use predictive analytics to predict possible problems and emergencies, which helps prevent them from occurring. By analyzing data on the condition

of equipment, AI systems can predict possible failures and recommend preventive maintenance, which reduces the likelihood of failures and accidents. Based on predictive models, systems can optimize braking modes for each specific release, taking into account current and predicted operating conditions.

AI systems can be integrated with other elements of railway station infrastructure, such as arrow control systems, signaling systems, and cargo sorting systems. This allows you to create complete solutions for automating and optimizing the operation of sorting slides. Integration with centralized control systems allows you to coordinate the operation of all elements of the sorting slide and ensure maximum efficiency and safety of operations. AI systems can exchange data with external systems, such as weather stations or transportation companies, for more information and more accurate forecasting of working conditions.

Some railway stations have already successfully implemented AI technologies to control deceleration of detaches. The implementation of the AI system has reduced sorting time by 15%, reduced equipment wear and tear by 20% , and improved overall operational safety. At the station, located in an area with a harsh climate, the AI system successfully adapted to changing weather conditions and ensured stable operation of sorting slides even at extremely low temperatures. (Smirnov, 2019, pp.55-68).

Modern materials and engineering solutions also contribute to improving braking performance. The use of strong and lightweight composite materials in the construction of decelerators and braking systems reduces wear and extends the service life of the equipment. The modular approach to the design of the retarder makes it easier to maintain and repair them, and also allows you to quickly adapt the system to specific operating conditions.

Conclusion

Modern technologies in braking detaches on sorting slides significantly increase the efficiency and safety of railway stations. The introduction of innovative systems and materials, process automation and the use of intelligent control algorithms allow you to optimize braking modes, reduce costs and prevent accidents. These achievements play a key role in the development and modernization of railway transport, helping to increase its competitiveness and sustainability.

Optimization of the deceleration modes of detaches on sorting slides is an important direction in the development of railway transport. The introduction of modern technologies and management methods can significantly improve the efficiency and safety of sorting operations. In the future, we should expect further development and improvement of these technologies, which will lead to even higher productivity indicators at railway stations.

The use of artificial intelligence in controlling the braking of detaches on sorting slides opens up new opportunities for improving the efficiency, accuracy and safety of railway operations. AI technologies allow you to automate and optimize sorting processes, reduce costs and prevent accidents. In the future, we should expect further development and improvement of these technologies, which will lead to even higher indicators of productivity and reliability of railway transport.

This article provides an overview of current approaches and technologies in optimizing decoupling braking modes, demonstrating the importance of this process for the effective functioning of marshalling slides at railway stations.

LITERATURE.

1. Aleksandrov M. P. Efficiency of automatic braking systems in the conditions of marshalling yards. *Transport Science and Technology*, 2021, No. 2, pp.23-36.
2. Ivanov S. A. Optimization of braking modes on sorting slides. Moscow: Transport Publ., 2018, pp.45-78.
3. Kuznetsov V. L. and Petrov A. I. Controlling the speed of uncoupling using new technologies. *Bulletin of RailwayTransport*, 2020, No. 4, pp.89-102.
4. Morozov O. N. Management methodology process of inhibition of uncoupling. *Logistics and TransportProcesses*, 2022, vol. 8, No. 3, pp.77-91.
5. Smirnov E. N. and Fedorov I. G. Speed control systems on sorting slides. *Modern technologies in Transport*, 2019, vol. 12, No. 6, pp.55-68.

АННОТАЦИЯ

Шахин Алиев

Ядулла Газиєв

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАЗЪЕДИНЕНИЯ ТОРМОЖЕНИЯ НА СОРТИРОВОЧНЫХ СКЛОНАХ

Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках является ключевым аспектом повышения эффективности железнодорожных сортировочных станций.. Внедрение современных решений, таких как интеллектуальные системы управления и адаптивные тормозные устройства, позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики сортировочных горок, повысить безопасность и надежность операций, а также снизить эксплуатационные затраты. Основное внимание уделяется интеграции новых технологий и оптимизации существующих процессов для достижения наилучших результатов в условиях интенсивной эксплуатации сортировочных станций.

Ключевые слова: грузовые перевозки, торможение отцепов, вагонные замедлители, надёжность, адаптивное управление, климатические адаптации, технологии машинного обучения

ANNOTASIYA

Şahin Əliyev

Yadulla Həziyev

AYRIŞDIRMA SÜRƏTLƏRİNİN TƏMİZLƏNMƏ SLAYDLARINDA OPTİMALLAŞDIRILMASI

Dəmir yollarının tormozlama rejimlərinin optimallaşdırılması dəmiryol xətlərinin səmərəliliyinin artırılmasının əsas aspektidir. İntellektual idarəetmə sistemləri və adaptiv əyləc cihazları kimi müasir həllərin tətbiqi çeşidləmə təpələrinin işini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırır, əməliyyatların təhlükəsizliyini və etibarlılığını artırır və istismar xərclərini azalda bilər. Məqalədə

əsas diqqət çeşidləmə stansiyalarının intensiv istismarında ən yaxşı nəticələrə nail olmaq üçün yeni texnologiyaların integrasiyasına və mövcud proseslərin optimallaşdırılmasına yönəlib.

Açar sözlər: *yük daşınması, vaqon ayırmalarının əyləclənməsi, vaqon yavaşdırıcıları, etibarlılıq, adaptiv idarəetmə, iqlimə uyğunlaşmalar, maşın öyrənmə texnologiyaları.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕНСОРОВ И АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17515368>

Ядулла АЗИЕВ
yadohazi@gmail.com

Гюльшан МАМЕДОВА

Лэйла АЛИЕВА

АННОТАЦИЯ

Использование сенсоров и анализа данных в транспортных системах позволяет значительно улучшить их эффективность, безопасность и экологичность. Современные сенсоры собирают данные в реальном времени о движении, погодных условиях, состоянии транспортных средств и инфраструктуры. Анализ этих данных с помощью технологий искусственного интеллекта и машинного обучения способствует предсказанию пробок, повышению точности маршрутов и оптимизации расхода топлива, что снижает затраты и выбросы вредных веществ. Внедрение таких решений позволяет создать более гибкие, устойчивые и высокотехнологичные транспортные сети, отвечающие требованиям современного мегаполиса.

Ключевые слова: сенсоры, датчики, плотность трафика, мониторинг, мобильные приложения, грузовые перевозки, алгоритмы машинного обучения.

Введение.

Технологии сенсоров и аналитики данных становятся основой для трансформации транспортных систем в современные, интеллектуальные и эффективные сети. Системы сбора данных, включая сенсоры и устройства интернета вещей (IoT), позволяют собирать и анализировать информацию о транспортных потоках, состоянии инфраструктуры и потребностях в перевозках. Применение этих технологий дает возможность не только повысить оперативность и безопасность перевозок, но и более точно прогнозировать спрос на транспортные услуги, улучшая качество и доступность транспорта. (Александров, 2019, с.290).

В условиях стремительного развития технологий и роста урбанизации эффективное функционирование транспортных систем становится критически важным для обеспечения устойчивого развития городов и повышения качества жизни населения. Одним из ключевых направлений модернизации транспортной инфраструктуры является интеграция сенсорных технологий и методов анализа больших данных (Big Data).

Сенсоры позволяют в режиме реального времени собирать данные о различных параметрах дорожного движения: интенсивности потока, погодных условиях, состоянии дорожного полотна, загруженности общественного транспорта и др. На основе этих данных с применением современных аналитических инструментов возможно:

- оперативно реагировать на аварийные ситуации и заторы;
- оптимизировать маршруты движения;
- прогнозировать трафик и распределение нагрузки на транспортные узлы;
- улучшать логистику и работу общественного транспорта;

- снижать уровень выбросов вредных веществ и энергопотребление.

Внедрение таких решений способствует развитию концепции "умного города" и позволяет существенно повысить безопасность, экологичность и эффективность транспортных систем. В связи с этим тема использования сенсоров и анализа данных в транспортной отрасли является крайне актуальной как для научных исследований, так и для практического применения в рамках государственной и частной транспортной политики. (Захарова, 2022, с.350).

Методы исследования.

Сенсоры, установленные на дорогах, мостах, туннелях и других элементах инфраструктуры, позволяют отслеживать их состояние в реальном времени. Это включает измерение температуры, влажности, давления, а также мониторинг вибрации и трещин. Используя эти данные, можно прогнозировать возможные неисправности и проводить профилактическое обслуживание, предотвращая аварийные ситуации и улучшая безопасность движения. (Иванов, 2020, с. 310).

На дорогах устанавливаются датчики, которые отслеживают плотность трафика, скорость транспортных средств и их движение по маршруту. Эти данные позволяют системе автоматически регулировать работу светофоров, оптимизируя потоки и снижая вероятность пробок. Использование сенсоров в городах также помогает организовывать парковку, улучшая управление парковочными местами. (рис. 1).



Рисунок 1. Мобильные датчики контроля скорости.

В транспортных средствах (например, автобусах, поездах, грузовиках) устанавливаются сенсоры для мониторинга состояния автомобилей и двигателей. Эти устройства могут отслеживать уровень топлива, температуру двигателя, износ компонентов и другие важные параметры. Полученные данные используются для оптимизации маршрутов и планирования обслуживания, а также для предотвращения поломок и аварий.

Современные автомобили оборудованы различными сенсорами, которые помогают водителям избегать столкновений, контролировать расстояние до других транспортных средств, а также следить за состоянием дороги. Эти технологии могут автоматизировать торможение, управление полосой движения и даже ускорение, что способствует улучшению безопасности и комфорта. (Кузнецов, 2023, с.280).

На основе анализа исторических данных о перевозках, условиях погоды, событиях в городе и даже сезонных трендов, можно прогнозировать потребности в транспортировке. Это особенно полезно для компаний, занимающихся грузовыми перевозками или предоставляющих услуги общественного транспорта, так как позволяет планировать количество необходимого транспорта и избежать перегрузок или недогрузок.

С помощью данных, получаемых с сенсоров на дорогах и от пользователей (например, через мобильные приложения), можно анализировать трафик в реальном времени и прогнозировать пиковые нагрузки. Это помогает оптимизировать маршруты общественного транспорта, а также улучшить работу каршеринга и такси, снижая время ожидания и улучшая качество обслуживания клиентов. (Михайлов, 2023, с. 280).

Сенсоры могут собирать данные о загрузке инфраструктуры (дорог, мостов, станций), позволяя заранее выявить участки с перегрузкой. Это позволяет местным властям более эффективно управлять инфраструктурой, проводя своевременные работы по ремонту или реконструкции, а также распределяя нагрузку на различные участки сети, чтобы избежать перегрузки в будущем. (Петров, 2021, с.320).

В области грузовых перевозок сенсоры и анализ данных могут помочь предсказать объемы перевозок в зависимости от сезона, рыночных тенденций, погодных условий и других факторов. Это позволяет компаниям оптимизировать использование грузовых автомобилей, планировать их маршруты и обеспечивать своевременную доставку. Например, системы анализа данных могут прогнозировать необходимость увеличения количества грузовиков на определенных маршрутах или предлагать более экономичные маршруты с учетом стоимости топлива и времени доставки.

Использование данных о трафике в сочетании с алгоритмами машинного обучения помогает предсказывать возникновение пробок, аварий или чрезвычайных ситуаций. Это дает возможность оперативно предупреждать водителей и пассажиров об изменениях в движении, предлагая альтернативные маршруты и способы добраться до цели. (Соловьёв, 2021, с. 270). (рис.2.).

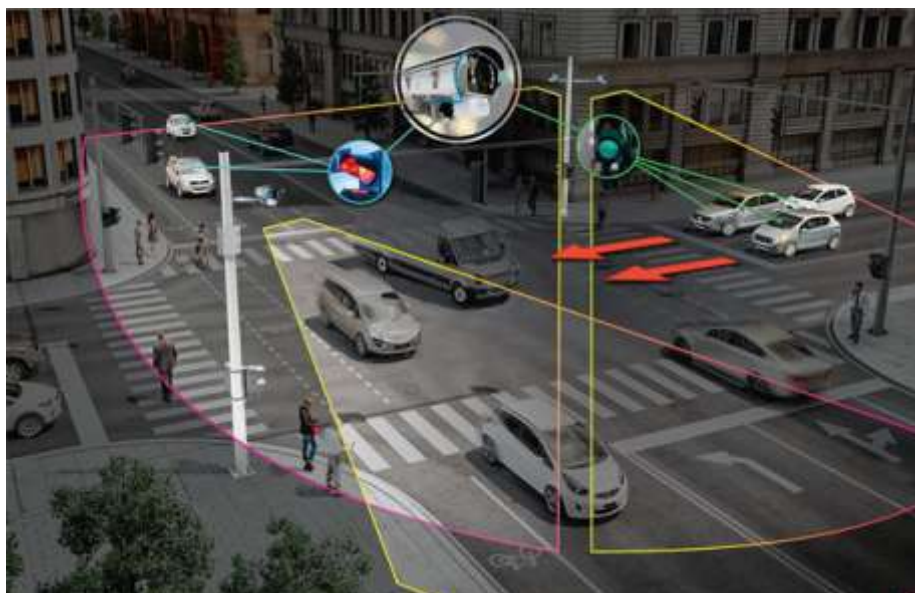


Рисунок 2. Интеллектуальные системы управления на дорогах.

Заключение.

Использование сенсоров и анализа данных в транспортной отрасли представляет собой одно из самых перспективных направлений развития современных транспортных систем. В условиях роста городского населения, увеличения количества транспортных средств и усложнения логистических процессов, традиционные методы управления транспортом становятся недостаточными. Необходим переход к интеллектуальным системам, способным обеспечивать оперативное и точное принятие решений на основе реальных данных.

Сенсорные технологии, включая видеокамеры, датчики движения, GPS-модули, инфракрасные и магнитные сенсоры, позволяют получать подробную и достоверную информацию о состоянии транспортных потоков, дорожной инфраструктуры, погодных условий и технического состояния транспортных средств. В свою очередь, анализ больших массивов данных, полученных с помощью этих сенсоров, обеспечивает возможность предиктивной аналитики, моделирования трафика, выявления узких мест и принятия решений по оптимизации транспортных процессов.

Интеграция сенсоров и аналитических платформ способствует реализации концепции «умной мобильности» и формированию интеллектуальных транспортных систем (ITS), которые позволяют:

- автоматизировать регулирование движения и управление светофорами;
- снижать уровень пробок и транспортной загруженности;
- повышать безопасность на дорогах за счёт раннего выявления потенциально опасных ситуаций;
- повышать энергоэффективность транспортных средств и снижать выбросы вредных веществ;
- обеспечивать более комфортные условия для пассажиров и участников дорожного движения.

Кроме того, такие технологии открывают новые горизонты в управлении общественным транспортом и логистикой, позволяя разрабатывать адаптивные маршруты, сокращать время ожидания, и повышать общую эффективность использования транспортной инфраструктуры.

Таким образом, использование сенсоров и анализа данных становится не просто технологическим трендом, а важнейшей составляющей устойчивого и интеллектуального развития транспортной системы. Это направление требует комплексного подхода — модернизации инфраструктуры, нормативной поддержки, инвестиций и подготовки специалистов. Только при наличии системной и долгосрочной стратегии можно достичь максимального эффекта от внедрения данных технологий, улучшить мобильность населения, сократить затраты и внести значительный вклад в экологическую устойчивость городов и регионов.

В заключение, можно с уверенностью утверждать, что цифровизация транспорта посредством сенсоров и аналитических инструментов является ключом к построению более безопасного, эффективного и экологически чистого транспортного будущего.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Александров В. Г., Попов А. С. "Современные методы анализа данных в логистике и транспорте". Издательство: Экономика и Транспорт, 2019, с.290.
2. Захарова И. Л., Крылов Ю. В. "Цифровизация транспортной инфраструктуры". Издательство: Транспорт и логистика, 2022, с.350.
3. Иванов А. Н. и Сидоров Б. К. "Интеллектуальные транспортные системы: основы и перспективы". Издательство: Машиностроение, 2020, с. 310.
4. Кузнецов Н. В., Захаров Л. И. "Системы анализа данных в городской инфраструктуре". Издательство: Технополис, 2023, с.280.
5. Михайлов Е. П., Тарасов А. В. "Автоматизация транспортных процессов: сенсоры, алгоритмы, решения". Издательство: Прометей, 2023, с. 280 .
6. Петров С. А. "Инновационные технологии в транспортных системах" Издательство: Наука и Технологии, 2021, с.320.
7. Соловьёв Д. М. "Сенсорные технологии и IoT в управлении транспортом". Издательство: Высшая школа, 2021, с. 270.

ABSTRACT

**Yadulla Aziev
Gulshan Mamedova
Leyla Aliyeva**

USING SENSORS AND DATA ANALYSIS TO IMPROVE TRANSPORTATION SYSTEMS

The use of sensors and data analysis in transport systems can significantly improve their efficiency, safety and environmental friendliness. Modern sensors collect real-time data on traffic, weather conditions, vehicle and infrastructure conditions. Analyzing this data with artificial intelligence and machine learning technologies helps predict traffic jams, improve route accuracy and

optimize fuel consumption, which reduces costs and emissions. The implementation of such solutions allows for the creation of more flexible, sustainable and high-tech transport networks that meet the requirements of a modern metropolis.

Keywords: *sensors, traffic density, monitoring, mobile applications, freight transportation, machine learning algorithms*

XÜLASƏ

Yadulla Həziyev
Gülşən Məmmədova
Leyla Əliyeva

SENSORLAR VƏ MƏLUMAT ANALİZİNDƏN İSTİFADƏ İLƏ NƏQLİYYAT SİSTEMLƏRİNİN YAXŞILAŞDIRILMASI

Nəqliyyat sistemlərində sensorların istifadəsi və məlumatların təhlili onların səmərəliliyini, təhlükəsizliyini və ətraf mühitə uyğunluğunu əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Müasir sensorlar trafik, hava şəraiti, nəqliyyat vasitələri və infrastruktur şəraiti haqqında real vaxt məlumatları toplayır. Süni intellekt və maşın öyrənmə texnologiyalarından istifadə edərək bu məlumatların təhlili tıxacları proqnozlaşdırmağa, marşrutun dəqiqliyini yaxşılaşdırmağa və yanacaq sərfiyyatını optimallaşdırmağa kömək edir ki, bu da xərcləri və emissiyaları azaldır. Bu cür həllərin tətbiqi bizə müasir metropolun tələblərinə cavab verən daha çevik, dayanıqlı və yüksək texnologiyalı nəqliyyat şəbəkələri yaratmağa imkan verir.

Açar sözlər: *sensorlar, trafik sıxlığı, monitoring, mobil proqramlar, yük daşımaları, maşın öyrənmə alqoritmləri.*

SÜNİ İNTELLEKT VƏ SMARTGRID: GƏLƏCƏYİN ENERJİ SİSTEMİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17515469>

Adilə Quliyeva

adilebeyova@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-7405-3049>

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Sevinc Rzayeva

sevincrzayeva1968@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-7335-5446>

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Bu məqalədə elektroenergetika sistemlərində süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi və onun gələcək perspektivləri araşdırılır. Müasir cəmiyyətdə elektrik enerjisinin həyati əhəmiyyətini nəzərə alaraq, bu sahədə avtomatlaşdırma və idarəetmənin təkmilləşdirilməsi zərurəti vurğulanır. Məqalədə süni intellektin əsas funksiyaları – enerji istehsalının proqnozlaşdırılması, yüklərin idarə olunması və enerji balansının qorunması detallı şəkildə izah olunur. Xüsusilə, bərpa olunan enerji mənbələri ilə bağlı proqnozların dəqiqliyinin artırılması və şəbəkə sabitliyinin təmin olunmasında süni intellektin rolu qeyd olunur. Eyni zamanda, “Smart Grid” konsepsiyasının mahiyyəti, texnoloji üstünlükləri və onun Naxçıvan Muxtar Respublikasında həyata keçirilən pilot layihə çərçivəsində tətbiqi təhlil olunur. Məqalədə süni intellektin digər qabaqcıl texnologiyalarla integrasiyasının (IoT, bulud texnologiyası, blockchain və s.) gələcəkdə enerji sahəsində inqilabi dəyişikliklərə səbəb olacağı bildirilir. Ağıllı enerji sistemlərinin səmərəlilik, çeviklik və təhlükəsizlik baxımından mühüm potensiala malik olduğu elmi əsaslarla göstərilir.

Açar sözlər : Süni intellekt, Ağıllı enerji sistemləri, Smart Grid, Elektroenergetika, Bərpa olunan enerji, Enerji proqnozlaşdırılması, Yüklərin balanslaşdırılması.

Giriş

Enerji müasir iqtisadiyyatın əsas dayaqlarından biridir. Xüsusilə elektrik enerjisi sənaye, kənd təsərrüfatı, rabitə, səhiyyə və digər sahələrin dayanıqlı fəaliyyəti üçün həyati əhəmiyyət daşıyır. Müasir dünyada biz bir günü belə elektrik enerjisi olmadan təsəvvür edə bilmərik, buna görə də bu sahədə istehsalın, istismarın və təhlükəsizliyin təkmilləşdirilməsi vacibdir. Daha avtomatlaşdırılmış istismar və təhlükəsizlik məsələsinə gəldikdə isə, süni intellektin köməyi olmadan bu mümkün deyil. Süni intellekt — insan intellektini imitasiya etmək və onu genişləndirmək üçün nəzəriyyə, texnologiya və tətbiqi sistemlər hazırlayan yeni texnoloji elmdir. O, psixologiya, idrak elmləri, düşüncə elmi, informasiya elmləri, sistem elmləri və bioelmlər kimi sahələri birləşdirir. Süni intellekt insan təfəkküründəki məlumatların qarşılıqlı təsir prosesini modelləşdirir və məqsədi — insan intellektinin təbiətini açmaq və insan kimi reaksiya verə və problemləri həll edə bilən ağıllı kompüter

yaratmaqdır [1]. Əhalinin artması, sənayeləşmənin sürətlənməsi və iqlim dəyişikliyi ilə bağlı yeni çağırışlar elektroenergetika sahəsində daha çevik və ağıllı idarəetmə sistemlərinə keçidi zəruri edir. Son onilliklər ərzində Süni İntellektin (Sİ) sürətli inkişafı bir sıra amillərin birgə təsiri nəticəsində mümkün olmuşdur. Belə ki, daha güclü hesablama resurslarının əlçatanlığı və imkanları, habelə paylanmış hesablama üsullarının və bulud texnologiyalarının səmərəli tətbiqi, böyük həcmdə məlumatların işlənməsinə və Sİ-nin imkanlarının əhəmiyyətli dərəcədə genişlənməsinə şərait yaratmışdır.[4]

Qrafik prosessorlar sahəsində əldə olunan nailiyyətlər də Sİ-nin təkmilləşdirilməsində mühüm rol oynamışdır. Məsələn, paralel arxitektura malik olan GPU (Graphics Processing Unit – Qrafik Emal Prosessoru) və TPU (Tensor Processing Unit – Tensor Emal Prosessoru) kimi prosessorlar dərin öyrənmə əməliyyatlarının yerinə yetirilməsi üçün yüksək məhsuldarlığa malik həllər kimi özünü doğrultmuşdur.[3] Xüsusilə, Google şirkəti tərəfindən hazırlanmış TPU prosessorları, dərin neyron şəbəkələrinin əsas məlumat vahidləri olan tensorlar üzərində əməliyyatlar üçün optimallaşdırılmışdır və bu da Sİ-nin öyrədilməsi və böyük verilənlər üzərində əməliyyatların aparılması zamanı daha yüksək performans əldə etməyə imkan vermişdir. Eyni zamanda, dərin öyrənmə alqoritmləri və böyük verilənlərlə iş texnologiyaları da təkmilləşdirilmişdir. Tədqiqatçılar konteksti və məlumatlar arasındakı mürəkkəb əlaqələri nəzərə alan yeni neyron şəbəkə modelləri yaratmışlar. Böyük şirkətlər Sİ sahəsinə investisiya yatırmış və bu da bu sahədə fəal tədqiqatları stimullaşdırmışdır.[1]

Süni intellekt elektrik mühəndisliyində optimallaşdırma üçün böyük potensial və imkanlar təqdim edir ki, bu da əhəmiyyətli iqtisadi faydalar, təhlükəsizliyin artırılması və real vaxt rejimində operativ nəzarətə gətirib çıxarır. Elektroenergetika sahəsində idarəetmə texnologiyası artıq müasir texnoloji sistemə çevrilmişdir və süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının tətbiqi bu sahədə yeni imkanlar açır. Süni intellekt elektroenergetika sistemlərində tətbiq olunduqda enerji istehsalı, ötürülməsi və paylanması proseslərinin effektivliyini artırmaqla yanaşı, sistemin çevikliyini və dayanıqlığını da yüksəldə bilər. Böyük verilənlərin emalı və bulud hesablamaları texnologiyasının elektroenergetika ilə inteqrasiyası enerji istehlakı üzrə analitik təhlillərin aparılmasına, tələbatın proqnozlaşdırılmasına və enerji resurslarının optimal idarə olunmasına şərait yaradır. Bulud texnologiyası isə məlumatların saxlanması, paylaşılması və emalı ilə bağlı problemləri aradan qaldırır, həmçinin verilənlərin dəqiq və obyektiv təhlilini təmin edir [2].

1. Süni İntellektin Elektroenergetikada Əsas Tətbiq Sahələri

Süni intellekt alqoritmləri – xüsusilə də maşın öyrənməsi və dərin öyrənmə modelləri – keçmiş istehsal göstəriciləri, hava şəraiti, yüklənmə dinamikası və digər parametrlər əsasında enerji istehsalını yüksək dəqiqliklə proqnozlaşdırmağa imkan verir. Bu, xüsusilə bərpa olunan enerji mənbələri üçün – günəş və külək stansiyalarında – vacibdir. Günəş və külək enerji mənbələri, təbiətin dəyişkənliyinə çox həssas olduqları üçün onların istehsal gücü hava şəraitindən birbaşa asılıdır. Bu səbəbdən dəqiq hava və enerji proqnozları bu stansiyaların idarə olunmasında çox mühüm rol oynayır. Elektrik enerjisinin istehsalı ilə istehlakı arasında tarazlığın qorunması enerji sisteminin sabitliyi üçün vacibdir. Günəş və külək stansiyalarının nə qədər enerji istehsal edəcəyini əvvəlcədən dəqiq bilmək, digər enerji mənbələrinin (məsələn, su elektrik və ya istilik stansiyaları) işini tənzimləməyə imkan verir. Bu səbəbdən ümumi sistem effektiv və balanslı şəkildə işləyir.[2] Enerji sistemində balanssızlıq yaranarsa, bu, enerji itkilərinə və texniki nasazlıqlara səbəb ola bilər. Məsələn, çox enerji istehsal olunduqda, əlavə enerjinin saxlanması və ya ötürülməsi çətinləşir və nəticədə itkilər baş verir. Dəqiq proqnozlar vasitəsilə bu cür halların qarşısı vaxtında alın bilər. Əgər müəyyən günlərdə külək zəif olacaqsə və ya hava buludlu olacağı gözlənilirsə, əvvəlcədən digər mənbələrdən (məsələn, akkumulyatorlardan və ya şəbəkədən) enerji təminatı planlaşdırıla bilər. Bu isə fasiləsiz enerji təchizatını təmin edir . Proqnozların dəqiqliyi enerji bazarında da effektiv qərarlar qəbul etməyə kömək edir.[4] Enerji qiymətləri təklif və tələbdən asılı olaraq dəyişdiyindən, düzgün proqnozlar enerji şirkətlərinin qazancını artırmaqla yanaşı, istehlakçılar üçün də xərclərin azaldılmasına səbəb olur.

Elektroenergetika şəbəkələrində yüklərin qeyri-bərabər paylanması ciddi problemlərə səbəb ola bilər. yəni elektrik enerjisinin istehlakçı qrupları və ya şəbəkənin müxtəlif hissələri arasında düzgün və tarazlı şəkildə bölüşdürülməməsi — enerji sisteminin sabit və etibarlı işləməsinə ciddi təsir göstərir. Bu cür balanssızlıq bir sıra problemlərə səbəb ola bilər: Şəbəkənin müəyyən hissəsində yük normadan artıq olduqda, transformatorlar, xətlər və digər avadanlıqlar həddindən artıq işləməyə məcbur qalır. Bu isə onların qızmasına, texniki nasazlıqlara və uzunmüddətli perspektivdə sıradan çıxmasına gətirib çıxara bilər.[5] Fazalar üzrə yüklərin paylanması çox zaman düzgün aparılmır. Bu isə təsərrüfat üçün ciddi maliyyə itkilərinə səbəb olur. Yüklərin qeyri-bərabər paylanması nəticəsində bəzi bölgələrdə gərginlik normadan aşağı və ya yuxarı ola bilər. Bu, istehlakçıların elektrik cihazlarına zərər vura və keyfiyyətsiz enerji təchizatı ilə nəticələndə bilər. Tarazsız yüklənmə zamanı xətlər üzərində daha çox cərəyan axını baş verir ki, bu da istilik itkilərinin artmasına səbəb olur. Nəticədə enerji resursları səmərəsiz şəkildə istifadə olunur.

Süni intellekt real vaxtda yük axınlarını təhlil edərək, onların optimal bölgüsünü təmin edir. Bununla, transformatorların həddindən artıq yüklənməsi və şəbəkə nasazlıqları kimi

halların qarşısı alınır. Bu yanaşma həm də enerji itkilərini azaldır və sistemin stabilliyini artırır.

2 Ağıllı Enerji Sistemləri Konsepsiyasının İnkişaf Perspektivləri

“Smart Grid” texnologiyalarında süni intellekt mühüm yer tutur. SmartGrid-in müasir konsepsiyası azərbaycan dilinə tərcümədə “ağıllı şəbəkələr” və ya daha dəqiq desək — “ağıllı enerji sistemləri” mənasını verir. Mahiyyət etibarilə, “ağıllı enerji sistemi” XX əsrin enerji sistemlərinin (adətən enerjini bir neçə elektrik generatorundan çoxsaylı istehlakçılara ötürən sistemlərin) modernləşdirilmiş formasıdır.

Bu sistem ən kiçik parametrlərin və tələbat-təklif şərtlərinin dəyişikliklərini nəzərə alaraq güc resurslarını daha səmərəli şəkildə paylaya bilir. Həmçinin, enerji istehlakının vaxtı ilə onun dəyəri arasında əlaqə qurmağa imkan yaradır. “Ağıllı şəbəkə” prinsipləri sayəsində enerji sistemi generasiya, paylama və istehlak mərhələlərində baş verən istənilən dəyişikliklərə sürətli reaksiya verə bilir.[5]

Enerji sahəsinin mütəxəssisləri SmartGrid-i “avtomatlaşdırılmış enerji sistemi” kimi qiymətləndirirlər. Bu sistem elektrik stansiyaları ilə istehlakçılar arasında elektrik enerjisi və məlumat axınının iki tərəfli hərəkətini təmin edir. Ən son texnologiyalar, alətlər və metodların tətbiqi sayəsində SmartGrid enerji sektorunu “bilik və texnologiyalarla” zənginləşdirir və enerji sistemlərinin fəaliyyət effektivliyinin sürətlə artırılmasına imkan yaradır. Mövcud dövrdə ağıllı enerji sistemləri (SmartGrid) ilə bağlı təqdim olunan prinsiplər və yanaşmalar hələlik yekun və normativ xarakterli sənədlər kimi qəbul edilmir.[4] Bu konsepsiyanın prinsiplərinin dərinləşdirilməsi, dəqiqləşdirilməsi və praktiki sınaqdan keçirilməsi beynəlxalq təcrübədə əsas prioritet istiqamətlərdən biri kimi dəyərləndirilir.

SmartGrid konsepsiyası çərçivəsində elmi-texniki, metodoloji, idarəetmə və texnoloji sahələr üzrə inkişaf etdirilən müasir yanaşmalar vahid sistem daxilində birləşdirilmiş və inteqrasiya olunmuş şəkildə təqdim edilir. Bu isə konsepsiyanın kompleks və çevik struktur üzərində qurulduğunu göstərir.

Belə bir yanaşma, oxşar strateji sənədlərin, milli proqramların və layihələrin işlənilib hazırlanmasında böyük əhəmiyyət kəsb edir. Ağıllı enerji sistemləri sahəsində əldə olunan təcrübə, həm texnoloji innovasiyaların tətbiqi, həm də enerji təhlükəsizliyinin, dayanıqlılığının və səmərəliliyinin artırılması baxımından regional səviyyədə tətbiq potensialı olan bir model kimi çıxış edir .

Naxçıvan Muxtar Respublikasında da bu cür pilot Smart Grid layihəsi həyata keçirilir. Layihə çərçivəsində smart sayğaclar quraşdırılır ki, istifadəçilər elektrik enerjisi istehlakını real vaxtda izləyə bilsinlər.

Gələcəkdə elektroenergetika sistemlərində süni intellektin rolu daha da artacaq. Avtonom enerji sistemləri, SI ilə təchiz edilmiş mikrosistemlər (microgrids), enerjiyə tələbin ağıllı tənzimlənməsi və SI-in digər texnologiyalarla (IoT, blockchain və s.) integrasiyası sahənin gələcək inkişaf istiqamətləridir.[3] Bu, həm də enerjinin dayanıqlılığına, ətraf mühitin qorunmasına və iqtisadi səmərəliliyə töhfə verəcəkdir.

Nəticə olaraq qeyd edək ki, elektroenergetika sistemlərində süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi bu sahənin dayanıqlı, səmərəli və adaptiv şəkildə idarə olunması üzrə xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Süni intellekt əsasən enerji istehsalının proqnozlaşdırılması, yüklərin balanslaşdırılması, real vaxt rejimində idarəetmə və enerji itkilərinin minimuma endirilməsi kimi istiqamətlərdə mühüm imkanlar yaradır. Bərpa olunan enerji mənbələrinin artan rolu fonunda bu texnologiyaların tətbiqi daha da aktuallaşır. SmartGrid texnologiyası və süni intellektin integrasiyası nəticəsində enerji sistemləri daha çevik və adaptiv olur, bu da həm istehsalçıların, həm də istehlakçıların maraqlarına xidmət edir. Naxçıvan Muxtar Respublikasında həyata keçirilən pilot layihə isə bu texnologiyaların praktikada uğurla tətbiq oluna biləcəyini göstərən əhəmiyyətli nümunədir. Gələcəkdə süni intellektin bulud texnologiyaları, IoT kimi digər innovativ texnologiyalarla integrasiyası elektroenergetika sahəsində yeni mərhələnin başlanğıcını qoyacaq və bu da ölkəmizin enerji təhlükəsizliyi, ekoloji sabitlik və iqtisadi inkişafı baxımından mühüm töhfə verəcəkdir.

Ədəbiyyat

1. Прохоров А., Коник Л. Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт. М.: ООО «АльянсПринт».2019. 368 с. ISBN 978-5-98094-007-2.
2. Воропай Н.И., Стенников В.А. Интегрированные интеллектуальные энергетические системы // Известия РАН. Энергетика. 2014. №1.С. 64-73.
3. Воропай Н.И., Стенников В.А. Интегрированные энергетические системы. В кн.: Инновационная электроэнергетика-21 / Под ред. Батенина В.М., Бушуева В.В., Воропая Н.И. М.: ИЦ «Энергия». 2017. С. 181-193. ISBN 978-5-98908-457-9.
4. Lim K.Y.H., Zheng P., Chen C. A state-of-the-art survey of Digital Twin: techniques, engineering product lifecycle management and business innovation perspectives // Journal of Intelligent Manufacturing. 2020. Vol. 31. 1313–1337. DOI: 10.1007/s10845-019-01512 w.
5. Бершадский И.А., Джура С.Г., Чурсинова А.А. Использование искусственного интеллекта для прогнозирования электропотребления энергосбытовой компании // Системы анализа и обработки данных. 2020. №4 (80). URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-iskusstvennogointellekta-dlya-prognozirovaniya-elektropotrebleniyaenergobytovoy-kompanii> (дата обращения: 20.07.2023)

Artificial Intelligence and Smart Grid: The Energy System of the Future

**Adile Quliyeva
Sevinc Rzayeva**

Summary

This article explores the application and future prospects of artificial intelligence (AI) technologies in power systems. Given the vital role of electricity in modern society, the necessity of improving automation and management in this field is emphasized. The article explains the key functions of AI in the energy sector, such as forecasting energy production, managing load distribution, and maintaining energy balance. In particular, it highlights the importance of accurate forecasting for renewable energy sources, such as solar and wind, and the role of AI in ensuring network stability. The concept of "Smart Grid" is analyzed in detail, including its technological advantages and its implementation as a pilot project in the Nakhchivan Autonomous Republic. The article also discusses the integration of AI with other advanced technologies (such as IoT, cloud computing, and blockchain) and its transformative potential for the energy sector. It concludes that smart energy systems hold significant potential in terms of efficiency, flexibility, and security, making them a key model for future energy infrastructure.

Keywords: Artificial Intelligence, Smart Energy Systems, Smart Grid, Power Systems, Renewable Energy, Energy Forecasting, Load Balancing

BİOLOGİYA DƏRSLƏRİNDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ İLƏ VİRTUAL LABORATORİYALARIN YARADILMASININ METODOLOJİ ASPEKTLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17515521>

Amaliya Həsənova

Biologiya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent

ORCID: 0000-0002-2196-3215

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

amalya.hasanova59@mail.ru

XÜLASƏ

Müasir təhsil sistemi biologiya fənlərinin tədrisinə yenilikçi yanaşmalar tələb edir. Biologiya dərslərində tələbələrə tədris prosesinə effektiv şəkildə cəlb etmək və maraqlarını stimullaşdırmaq məqsədi ilə mövzuya İKT-nin imkanlarından istifadə etmək tələb olunur. Aktiv təlim metodları və müasir tədris vasitələrindən istifadə tələbələrə mövzunu daha dərinlən başa düşmək və tənqidi düşüncə tərzini inkişaf etdirməyə imkan verir. Biologiya dərslərində problemli öyrənmə tələbələr qarşısında tədqiqat və təhlil tələb edən real problemlər qoyur. Bu üsul analitik və problemli bacarıqların inkişafını dəstəkləyir.

Virtual laboratoriyalar həqiqi laboratoriyada fiziki iştiraka ehtiyac olmadan bioloji prosesləri və hadisələri praktiki şəkildə öyrənmək üçün əlverişli bir fürsət təqdim edir. Bu laboratoriyaların yaradılmasında cəqsəd tələbələrə və müəllimlərə virtual mühitdə bioloji proseslərlə qarşılıqlı əlaqə yaratmağa imkan verən intuitiv və əlçatan öyrənmə vasitəsi yaratmaqdır. Virtual laboratoriyalar, xüsusən distant təhsil və ya real laboratoriyalara məhdud giriş şəraitində adekvat praktik biologiya dərslərinin mövcud problemini həll edir. Bu laboratoriyaların yaradılmasının məqsədi bioloji proseslərin öyrənilməsinin və anlaşılmalarının səmərəliliyini artırmaq üçün interaktiv virtual biologiya laboratoriyalarına çıxışı təmin etməkdir. Biologiya dərsləri ciddi praktik biliklər tələb etdiyi üçün bu laboratoriyaların yaradılması və tələbələrin bu laboratoriyalarda işləmə bacarıqlarının inkişaf etdirilməsi müasir təhsil sisteminin aktual tələbidir. Xüsusən, distant təhsildə virtual laboratoriyalardan istifadə bacarıqları formalaşdırılmalı, biologiyanın müxtəlif sahələrinə aid laboratoriya işlərinin təşkili təmin edilməlidir.

Açar sözlər: *biologiya dərsləri, süni intellekt, simulyasiya texnologiyaları, virtual laboratoriyalar*

GİRİŞ

Təbiətdə baş verən bir çox proses məlumat xarakterli hesab edilə bilər. Bunlar, məsələn, inkişaf prosesləri, bioloji nəql olunma, birhüceyrəli orqanizmlərdəki proseslərdir. Elm adamları bu prosesləri öyrənərkən müşahidə etdikləri, təbiətdə məlumatların

işlənməsinin universal prinsiplərini təbii-elmi kontekst baxımından (fiziologiya, genetica, kvant fizikası) izah edirlər. Avstriyalı-Amerikalı bioloq Lüdviq von Bertalanfi 1930-cu illərdə Ümumi sistemlər nəzəriyyəsini irəli sürdü. Onun əsas fikri, sistem obyektlərinin işini tənzimləyən qanunların izomorfizmini tanımaqdır. Bu nəzəriyyənin bir çox anlayışları müasir kompüter elmləri ilə əlaqəlidir. Bunlar, məsələn, obyektlər (obyekt yönümlü proqramlaşdırma) və əlaqələr (əlaqəli verilənlər bazası), sistem və mühit (müşəri-server-memarlıq) sxemi ilə göstərilir. Ancaq Bertalanfi nəzəriyyəsi sistemlərin dinamikasını – tarazlığı (homeostaz), təkamülü, uyğunlaşmanı (adaptasiya), keçici prosesləri də araşdırır. Bu, məsələn, proqram inkişaf etdirmə prosesini nəzərdə tutsaq, kompüter elmləri tərəfindən bu proqramlaşdırılmaların aparılmasının vacibliyini görürük. Bu, mürəkkəblik, entropiya, məhv olma proseslərinin proqramları ilə göstərilən başqa bir sistem anlayışıdır. Koddakı bir səhvin düzəldilməsi, $n > 1$ olduğu halda, orta hesabla n yeni xətəyə səbəb olarsa, inkişaf prosesi fərqli olur. Təbiətin bu cür problemlərlə qarşılaşmadığı ehtimalı yoxdur, bu problemlər hər tərəfdə mövcuddur, amma təbiətin bu problemləri necə həll etməsi məlum deyil [1].

MATERIAL VƏ METODLAR

Microsoft, Google, Meta, Amazon və digər nəhəng texnologiyalar arasında ən yaxşı Chatbotun sahibi olmaq uğrunda rəqabət fonunda biokimya və struktur biologiyasında oxşar modellərin yaradılması artıq mümkün olmuşdur. "Biologiyada süni intellekt" xüsusi layihələri artıq dünya səviyyəsində bütün sahələrdə özünü təsdiq etmişdir. Sensasiyalı AlphaFold zülalların və DNT-nin və biopolimerlərin struktur və funksiyalarını ciddi şəkildə proqnozlaşdırır [2].

Biologiya tədrisində layihələrdən istifadə tələbələrə biliklərini praktikada tətbiq etməyə, yaratmağa imkan verir öz tədqiqat layihələri və komanda işini inkişaf etdirir. Tələbələr özləri tədqiqat yolu ilə öyrənirlər, bioloji hadisələri araşdırırlar və bu üsul elmi düşüncəni stimullaşdırırlar. Müasir tədris vasitələri – interaktiv dərsliklər, videolar, animasiyalar və testlər kimi elementlər mövzunu vizuallaşdırmağa kömək edir, kompleks anlayışlar və öyrənməyi daha əyləncəli edir. Virtual laboratoriyalardan istifadə etməklə tələbələr virtual mühitdə təcrübələr apara bilirlər ki, bu da biologiyanın müxtəlif aspektlərini təhlükəsiz öyrənməyə imkan verir. Simulyasiya texnologiyaları tələbələrə bioloji prosesləri modelləşdirmək və müşahidə etmək imkanı verir. İnformasiya və kommunikasiya texnologiyalarının (İKT) integrasiyası biologiyanın tədris prosesində təhsil mənbələrinə çıxışı yaxşılaşdırır, bilik mübadiləsini təşviq edir və kollektiv öyrənməni stimullaşdırır. Müasir biologiya təhsili yalnız ötürülmə tələb etmir, faktiki bilik, həm də tələbələrin tədris prosesinə fəal cəlb edilməsini tələb edir.

NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

Kompüter elmləri ümumiyyətlə, sırf texniki elmlər hesab olunur, keçən əsrin ortalarında kompüterlərin meydana gəlməsi ilə inkişaf etmişdir. İnsan kimi mükəmməl, özünü təkrarlayan hesablama qurğusunun yaradılması ilə nəticələnən möhtəşəm bir Sİ layihəsini heç bir təkamül nəzəriyyəsi şərh edə bilməz. Biologiyanın müxtəlif sahələrində müxtəlif virtual laboratoriya işlərinin təşkili üçün interaktiv və vizual öyrənmə məzmunu yaratmaq üçün müasir texnologiyaların integrasiyası, istifadəni asanlaşdırmaq üçün virtual laboratoriyaların sınaqdan keçirilməsi və optimallaşdırılması vacibdir. Virtual laboratoriyaların yaradılması üçün resurslar və materiallar lazımdır: yüksək performanslı kompüterlər, xüsusi proqram təminatı. Eyni zamanda, yaradıcı layihədəki rollar da dəqiqləşdirilməlidir. Bu qrupa yaradıcılar, dizaynerlər, müəllimlər, testçilər daxil edilir. Əlbəttə, virtual laboratoriya işinin hədəf auditoriyası müəyyənəndirilməlidir. Hədəf auditoriyası biologiyanın öyrənilməsi və tədrisi ilə maraqlanan tələbələr, elmi tədqiqatçılar və müəllimlərdən ibarət olur [3, 4].

Yer üzərində həyatın əmələ gəlməsi, insanın əmələ gəlməsi, insanın onu əhatə edən mühitlə əlaqəsi fəlsəfi anlayışlar hesab olunsada, bioloji biliklərin əsas hədəfidir. Buna görə, informatikanın, kompyuter elmlərinin cavab verəcəyi əsas suallardan biri bitkilər və heyvanlar aləminin qarşılıqlı əlaqələrinin, inkişafının tələbələrə öyrədilməsinin effektivliyini təmin etmək üçün proqram təminatının hazırlanmasıdır.

Rəqəmsal laboratoriyalarda təcrübələrin vizual təqdimatı mümkündür; dəyişən məlumatların qrafiklər, cədvəllər, ədədi dəyərlər və diaqramlar şəklində asılılığının nümayişi; dəyişən xüsusiyyətlərin dəqiq ölçülməsi. Rəqəmsal laboratoriyalar təcrübə nəticələrinin, ölçmə məlumatlarının riyazi işlənməsinə imkan verir.



Şəkil 1. Biotexnologiya dərslərində bitkilərin inkişaf səviyyəsinin dizaynı

Yer üzərində həyat, onun yaranması və fəaliyyət prinsipləri, inkişafı qanunları ancaq rəqəmsal laboratoriyalarda animasiyalar və dəfələrlə təkrarlanan hadisələr şəklində öyrədilə bilər. Çünki, bu mövzuya aid laboratoriya işlərini canlı aparmaq mümkün deyil. Müasir təhsil sistemində tətbiq olunan STEAM təhsil məhz bu istiqamələri araşdırmaqla tələbələrdə və şagirdlərdə yaradıcı düşüncə və bacarıqların inkişafına

yönəldilmişdir. Sitologiya, molekulyar və hüceyrə biologiyası fənləri protein dizaynı üçün süni intellekt metodlarının inkişafını, xüsusən də AlphaFold-un üçüncü versiyasından istifadəni tətbiq edir. AlphaFold, kiçik bir molekulda kompleks bir zülalın quruluşunu proqnozlaşdırır. İndi rəqəmsal laboratoriyaların köməyi ilə məlumatları təhlil etmək, fərziyyə qurmaq, nəticə çıxarmaq, nəzəri və praktik hissəni bütövlükdə birləşdirmək və laborator-tədqiqat işlərinin düzgün nəticəsini əldə etmək mümkün olur. Rəqəmsal laboratoriyalar, təbiətdəki prosesləri anlamaq qabiliyyəti, eyni zamanda uşaqların idrakın inkişafına, mövzunun öyrənilməsinə həvəsinin artmasına təsir göstərir. Dərslər daha maraqlı və müasir məlumatlı olur [5].

Virtual laboratoriyaları yaradarkən tələbələrə lazım olan simulyasiya metodları barədə məlumat verilməlidir. Nəzərə alsaq ki, informatika, STEAM dərslərində bu məlumatlar verilir, demək, rəqəmsal laboratoriyalardan istifadə artıq aktualdır. İnsan süni intellekt yaratmaq yolunda nə qədər irəliləmişdir? Avtonom aktiv süni intellekt yaratmaq mümkündürmü? Bu suallara və problemlərə cavab olaraq, alqoritmik süni intellektin nəticələri və perspektivləri, eləcə də nümunə tanıma və formal neyron şəbəkələr kimi əlaqəli sahələr haqqında araşdırmaları təhlil etmək tələb olunur. Bu problemlər, modelləşdirmə düşüncə probleminə adekvat hesab edilən sinergetika nöqtəyi-nəzərindən araşdırılır. Bütün bu məlumatlar tələbələrə verilməlidir.

Süni intellekti “ağıllı davranışların avtomatlaşdırılması ilə məşğul olan” kompüter elminin xüsusi bir sahəsi olaraq nəzərdən keçirərək, mümkün olan ən yaxşı agent proqramını inkişaf etdirmək istiqaməti kimi qəbul etmək olar. Hal-hazırda süni məhdud intellekt insan düşüncə tipinin analoqudur, məlumatları təhlil edə, müqayisə edə, öyrənə və digər texnologiyalarla qarşılıqlı əlaqə qura bilər [6, 7].

Süni intellekt kompüter elmində yaxşı tanınan perspektivli məşin öyrənmə üsulları ilə birlikdə elm və texnologiya, sənaye və hətta gündəlik həyatımıza daxil olmaqla müxtəlif sahələrin bir çox aspektlərinə geniş şəkildə təsir göstərir. MÖ texnikaları faydalı fikirlər əldə etmək, kateqoriyalara ayırmaq, proqnozlaşdırmaq və yeni üsullarla sübuta əsaslanan qərarlar qəbul etmək məqsədi ilə yüksək məhsuldarlıqlı məlumatları təhlil etmək üçün işlənilib hazırlanmışdır ki, bu da yeni tətbiqlərin böyüməsini təşviq edəcək və süni intellektin davamlı inkişafına təkan verəcək. Hər bir elm sahəsinin qarşılaşdığı problemlər və bu çətinliklərin öhdəsindən gəlmək üçün SI texnikalarının potensialları ətraflı müzakirə olunur. Bundan əlavə, biz süni intellektin hər bir elmi fənnə inteqrasiyasını nəzərdə tutan yeni tədqiqat tendensiylərinə də istiqamətləri təhlil edirik.



Şəkil 2. Bitki fiziologiyası laboratoriyasının canlı ağ fonda test borusu və yaşıllığın DNT modelləri ilə tədqiqi

Beləliklə, gənc nəslin süni intellektlə öyrənməsi artıq özünü təsdiq etmişdir, onların gələcəyin texnologiyalarına yiyələnmə vektorunu öz fikirlərində əks etdirdiklərinə baxaraq, elmi kəşflərin də hansı reallıqlarla ineqrasiya edəcəyini izləmək imkanlarımız olacaqdır. Virtual istifadə laboratoriyalarda material, avadanlıq xərclərini də azaldır. Virtual laboratoriyalar interaktivliyi təmin edir və proseslərin vizuallaşdırılmasına imkan verir.

NƏTİCƏ

Virtual laboratoriyaların yaradılması keyfiyyətli və hərtərəfli bir yanaşma tələb edir. Bunun üçün tələbələrə lazımi avadanlıq və proqram təminatına giriş imkanı verilməlidir. Tədqiqat nəticəsində məlum olmuşdur ki, biologiya dərslərində rəqəmsal laboratoriyaların istifadəsi tələbələrin fəaliyyətinə müsbət təsir göstərir. Müxtəlif prosesləri və hadisələri vizuallaşdırmaq, interaktiv təcrübələr aparmaq və materiallarla müstəqil işləmək bacarığı biliklərin dərin mənimsənilməsinə və daha yaxşı yadda qalmasına kömək edir. Ancaq müsbət nəticələrə baxmayaraq, qeyd etmək lazımdır ki, rəqəmsal laboratoriya bütün bioloji elmlərin problem sisteminin həlli deyil. Bu laboratoriyaların inkişafı, mükəmməlləşdirilməsi, tətbiqi metodologiyası ümumi təhsil sisteminə daxil edilməli, müəllimlər tərəfindən dəstəklənməlidir. Nəticə olaraq, rəqəmsal laboratoriyadan istifadə biologiya dərslərində perspektivli və uğurlu bir təcrübədir. Bu yanaşmanın uğurla həyata keçirilməsi üçün müəllimlərin, rəhbərliyin və tələbələrin keyfiyyətli və əlverişli təhsili təmin etmək üçün birgə səyləri lazımdır.

Word2vec modelinin yaradılmasından 10 ildən çox vaxt keçib. Bu müddət ərzində sözlərin kodlaşdırılması üçün yeni metodlar yaradılmışdır. Dil modellərinin əsaslarını və mətnlərlə maşın işini daha ətraflı başa düşmək üçün tələbələrin öz biliklərini daim yeniləməsi və mükəmməlləşdirməsi tələb olunur.

ƏDƏBİYYAT

- 1.A.M.Həsənova, R.A.Rüstəmli, Müasir təbiətşünaslığın sosial-sinergetik konsepsiyaları., Bakı, ADPU nəşriyyatı, 2021.
- 2.Penrose R. Novy um korolya: O kompyuterakh, myshlenii i zakonakh fiziki [The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds and the Laws of Physics]. Moscow: Editorial URSS; 2003 (In Russ.).
- 3.Boden M.A. AI: Its Nature and Future. Oxford: Oxford University Press; 2016.
- 4.Collins H. Artificial Intelligence: Against Humanity's Surrender to Computers. Cambridge: Polity Press; 2018.
- 5.A.B. Трукин «Об использовании виртуальных лабораторий в образовании». Открытие и дистанционное образование. 2002. №4(8)
- 6.Официальный сайт проекта: <http://PhET.colorado.edu> interactive simulation.
- 7.Турчен Д.Н. Концепция формирования универсальных учебных действий в современном российском образовании // Интернет-журнал Науковедение. 2014. №1 (20) с.105

METHODOLOGICAL ASPECTS OF CREATING VIRTUAL LABORATORIES WITH THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN BIOLOGY CLASSES

ABSTRACT

The modern education system requires innovative approaches to teaching biological disciplines. Biology lessons require the use of ICT in the subject in order to effectively engage students in the learning process and stimulate their interest. The use of active learning methods and modern teaching tools allows students to gain a deeper understanding of the subject and develop critical thinking. Problem-based learning in biology classes poses real-world problems for students to investigate and analyze. This method supports the development of analytical and problem-solving skills. Virtual laboratories offer a convenient opportunity for hands-on learning of biological processes and phenomena without the need to be physically present in a real laboratory. The goal of creating these labs, is to create an intuitive and accessible learning tool that allows students and teachers to interact with biological processes in a virtual environment. Virtual laboratories address the existing problem of adequate hands-on biology instruction, especially in distance learning environments or with limited access to real laboratories. The purpose of these labs is to provide access to interactive virtual biology labs to enhance learning and understanding of biological processes. Since biology lessons require serious practical knowledge, the creation of these laboratories and the development of students' skills to work in these laboratories is an urgent requirement of the modern education system. In particular, distance learning should develop skills of using virtual laboratories, provide organization of laboratory works related to different areas of biology.

Key words: biology lessons, artificial intelligence, simulation technologies, virtual laboratories

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА УРОКАХ БИОЛОГИИ

Резюме

Современная система образования требует инновационных подходов к преподаванию биологических дисциплин. На уроках биологии требуется использовать возможности ИКТ по предмету с целью эффективного вовлечения учащихся в учебный процесс и стимулирования их интереса. Использование активных методов обучения и современных средств обучения позволяет учащимся глубже понять предмет и развить критическое мышление. Проблемное обучение на уроках биологии ставит перед учащимися реальные проблемы, требующие исследования и анализа. Этот метод поддерживает развитие аналитических и проблемных навыков. Виртуальные лаборатории предлагают удобную возможность практического изучения биологических процессов и явлений без необходимости физического присутствия в реальной лаборатории. Цель создания этих лабораторий, создать интуитивно понятный и доступный инструмент обучения, который позволит учащимся и учителям взаимодействовать с биологическими процессами в виртуальной среде. Виртуальные лаборатории решают существующую проблему адекватных практических занятий по биологии, особенно в условиях дистанционного обучения или ограниченного доступа к реальным лабораториям. Целью создания этих лабораторий является предоставление доступа к интерактивным виртуальным биологическим лабораториям для повышения эффективности изучения и понимания биологических процессов. Поскольку уроки биологии требуют серьезных практических знаний, создание этих лабораторий и развитие у студентов навыков работы в этих лабораториях является насущным требованием современной системы образования. В частности, в дистанционном обучении должны быть сформированы навыки использования виртуальных лабораторий, обеспечена организация лабораторных работ, относящихся к различным областям биологии.

Ключевые слова: *уроки биологии, искусственный интеллект, симуляционные технологии, виртуальные лаборатории*

İNTELLEKTUAL TƏHSİL SİSTEMİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİNDƏ MÜASİR YANAŞMALAR

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17515542>

Arzu Baxşəliyeva

arzubaxseliyeva555@gmail.com

Azərbaycan Respublikasının Təhsil İnstitutu, doktorant

XÜLASƏ

Müasir dövrün tələblərinə uyğun olaraq, təhsil sistemləri yalnız bilik ötürmək deyil, həm də yaradıcılıq, tənqidi düşüncə, problem həll etmə bacarıqları və digər XXI əsr bacarıqlarını inkişaf etdirməlidir. Bu, şagirdlərin gələcəkdə cəmiyyətdə və əmək bazarında müvəffəqiyyətlə fəaliyyət göstərə bilmələri üçün vacibdir. Bunun üçün təhsil yanaşmalarının daha çevik və dinamik olması əhəmiyyətlidir. Ənənəvi qiymətləndirmə üsullarından daha çox formativ qiymətləndirmə, süni intellekt əsaslı qiymətləndirmə sistemləri, adaptiv yanaşmalar və şəffaf qiymətləndirmə kimi müasir metodların tətbiqi ön plana çıxır. Bu yanaşmalar təhsil prosesini daha şəffaf, ədalətli və effektiv edir. Qiymətləndirmə yalnız nəticə yönümlü deyil, həm də proses yönümlü olmalıdır. Bu, şagirdlərin inkişafını daha dərinlən izləməyi və onların güclü və zəif tərəflərini müəyyən etməyə imkan verir. Formativ qiymətləndirmə təhsil prosesində şagirdlərin irəliləyişini davamlı olaraq izləyir və öyrənmə zamanı onlara təkliflər və geribildirimlər təqdim edir. Bu yanaşma, şagirdlərin yalnız sonda deyil, hər bir mərhələdə nə qədər irəlilədiklərini və hansı sahələrdə dəstəyə ehtiyac duyduqlarını göstərir. Bununla yanaşı, süni intellekt əsaslı qiymətləndirmə sistemləri şagirdlərin fərdi öyrənmə sürətinə və bacarıqlarına uyğun olaraq avtomatik geribildirim verir. Adaptiv yanaşmalar təhsil proqramlarını şagirdin inkişaf səviyyəsinə və ehtiyaclarına uyğunlaşdırır. Bu, hər bir şagirdə fərdi şəkildə yanaşmağı və onların şəxsi öyrənmə tərzlərini nəzərə alaraq daha effektiv tədris prosesi təmin edir. Gələcəkdə bu müasir yanaşmaların tətbiqi, şagirdlərin yalnız akademik biliklərində deyil, eyni zamanda onların praktik bacarıqlarında, yaradıcılıqlarında və şəxsiyyət inkişafında mühüm irəliləyişlərə səbəb olacaq. Bu, təhsil sistemlərinin yalnız cari ehtiyaclarla deyil, gələcək tələblərə də uyğunlaşmasını təmin edəcəkdir.

Açar sözlər: intellektual təhsil sistemi, qiymətləndirmə yanaşmaları, süni intellekt əsaslı sistemlər, formativ qiymətləndirmə, adaptiv təhsil

Müasir dövrün tələbləri ilə uyğunlaşan təhsil sistemləri yalnız informasiyanın ötürülməsi və biliklərin əldə edilməsi ilə məhdudlaşmır. Əksinə, təhsil artıq intellektual potensialın formalaşdırılması ilə ölçülür. Bu, təhsilin əsas məqsədinin yalnız şagirdlərə məlumat ötürməkdən ibarət olmadığını eyni zamanda onların yaradıcılıq, tənqidi düşüncə, problem həll etmə və özünə inam bacarıqlarının inkişaf etdirilməsini də əhatə etdiyini göstərir. İnformasiyanın asanlıqla əldə oluna bildiyi rəqəmsallaşan cəmiyyət və dördüncü

sənaye inqilabı şəraitində təhsil sistemi artıq əvvəlki modellərə uyğun olaraq yalnız faktların öyrədilməsi və yadda saxlanması ilə kifayətlənə bilməz. Bu dövrün tələbləri daha çox biliklərin işlənməsi, yenilikçi yanaşmaların təşviqi və fərdi bacarıqların inkişafı üzərində cəmləşir. Artıq informasiya təkcə əldə olunmur, eyni zamanda bu məlumatların təhlil olunması, yenilikçi həllərin tapılması və kompleks problemlərin effektiv şəkildə həll edilməsi tələb olunur. Bu prosesin həyata keçirilməsində intellektual təhsil sisteminin qiymətləndirilməsi xüsusilə vacib bir rol oynayır. Çünki təhsilin keyfiyyətini yalnız nəticə əsaslı qiymətləndirmə ilə ölçmək kifayət etmir. Təhsil prosesinin özünün də qiymətləndirilməsi vacibdir. Belə ki, şagirdlərin öyrənmə prosesindəki inkişafı, onların bilikləri tətbiq etmə bacarığı, yenilikçi düşünmə və şəxsi inkişaf aspektləri də qiymətləndirilməlidir. Bu yanaşma XXI əsr bacarıqlarının formalaşdırılması üçün şagirdlərin analitik düşünmə, yaradıcılıq və sosial bacarıqları üzərində fokuslanmasını təmin edir. Təhsil artıq yalnız bilik ötürən bir sistem deyil, eyni zamanda şagirdlərin özünə inamını, qlobal dünyada problem həll etmə bacarıqlarını və sosial məsuliyyətlərini inkişaf etdirən bir prosesdir. Bu baxımdan intellektual təhsil sisteminin qiymətləndirilməsi günümüzdə təhsil siyasətinin prioritet sahələrindən birinə çevrilmişdir. Müasir qiymətləndirmə yanaşmaları yalnız əldə olunan nəticələri deyil, həm də bu nəticələrin əldə olunma prosesi, şagirdlərin öyrənmə motivasiyası və tədrisin fərdiləşdirilməsi ilə bağlı aspektləri də nəzərə alır. Qiymətləndirmə həmçinin, təhsilin daha çevik, adaptiv keyfiyyətini yüksəltməyə xidmət edən bir mexanizm olaraq inkişaf edir. Beləliklə, müasir təhsil sistemi yalnız bilikləri hazır şəkildə ötürmək üçün deyil, eyni zamanda şagirdləri gələcəkdəki çətinliklərə hazırlamaq, onların yaradıcılıq bacarıqlarını, tənqidi düşüncə qabiliyyətlərini və sosial bacarıqlarını inkişaf etdirmək üçün çalışmalıdır. Bu isə təhsil sisteminin dinamik və dəyişən dünyaya uyğun şəkildə inkişaf etdirilməsi, həmçinin intellektual bacarıqların qiymətləndirilməsi sahəsində yeni yanaşmaların tətbiq edilməsini tələb edir.

İntellektual təhsil sistemi – təhsilin idarə olunmasında və təşkilində süni intellekt, avtomatlaşdırılmış analiz, fərdiləşdirilmiş öyrənmə və adaptiv yanaşmaların tətbiqi ilə fərqlənən bir modeldir. Bu sistem yalnız informasiya verməklə deyil, öyrənənlərin düşünmə bacarıqlarını inkişaf etdirmək, onların təhsil prosesinə aktiv və yaradıcı şəkildə cəlb olunmasını təmin etmək məqsədini daşıyır.

Müasir dövrdə təhsil prosesində qiymətləndirmə yalnız nəticəyə əsaslanan deyil, həm də öyrənmə prosesini müşahidə edən, təkmilləşdirən və istiqamətləndirən bir vasitə kimi çıxış edir. Ənənəvi test və imtahan metodları ilə yanaşı, daha çevik, fərdiləşdirilmiş və texnoloji əsaslı qiymətləndirmə üsulları aktuallaşmışdır. Ənənəvi qiymətləndirmə üsulları (yazılı testlər, imtahanlar, qiymət jurnalları) artıq XXI əsrin dinamik təhsil ehtiyaclarını tam əhatə edə bilmir (Hattie, s. 112). Buna görə də müasir təhsildə qiymətləndirmə sistemində yeni yanaşmalar inteqrasiya olunmaqdadır:

1. **Formativ qiymətləndirmə.** Formativ qiymətləndirmə öyrənmə prosesi zamanı davamlı rəy və müşahidə vasitəsilə aparılır. Məqsəd şagirdin zəif və güclü tərəflərini müəyyənləşdirmək və tədris prosesini uyğunlaşdırmaqdır.

2. **Summativ qiymətləndirmənin yenilənmiş modelləri.** Ənənəvi summativ qiymətləndirmədən fərqli olaraq bu gün layihə əsaslı, problem əsaslı öyrənmənin nəticələri, elektron portfoliolar, rəqəmsal təqdimatlar qiymətləndirmədə mühüm yer tutur.

3. Süni intellektə (AI) əsaslanan qiymətləndirmə sistemləri. AI əsaslı sistemlər şagirdin davranışını, cavab sürətini və hətta emosional reaksiya göstəricilərini təhlil edərək fərdiləşdirilmiş və obyektiv qiymətləndirmə təklif edə bilər.

4. Adaptiv qiymətləndirmə. Bu yanaşma şagirdin bacarıq səviyyəsinə uyğun suallar təqdim edir və qiymətləndirmə dinamik şəkildə dəyişir. Beləliklə, şagirdin real potensialı daha dəqiq müəyyənləşir.

5. Metakognitiv bacarıqların ölçülməsi. Müasir təhsil sistemində yalnız nə öyrəndiyimiz deyil, öyrənməyi necə öyrəndiyimiz də əsas meyardır. Metakognitiv qiymətləndirmə öyrənənin öz öyrənmə prosesinin planlaşdırılması və izləməsi bacarığını ölçür. İntellektual qiymətləndirmənin bir çox üstünlükləri vardır (Black, s. 74). Belə ki:

- Fərdi yanaşma. Hər bir şagirdin bilik və bacarığına uyğun qiymətləndirmə imkanı yaradır.
- Davamlı rəy imkanı. Dərhal geribildirim verilərək öyrənmə effektivliyi artırılır.
- Analitik əsaslı qərarlar. Qiymətləndirmə nəticələri təhlil edilərək müəllimə və sistemə istiqamət verə bilər.
- Motivasiya və iştirak artımı. İnteraktiv qiymətləndirmə üsulları şagirdin marağını artırır. (Guskey, s. 11).

İntellektual təhsil sisteminin qiymətləndirilməsi müasir dövrdə yalnız nəticə yönümlü deyil, eyni zamanda proses yönümlü, adaptiv və texnologiya dəstəklı olmalıdır. Bu yanaşma, XXI əsr üçün vacib olan tənqidi düşünmə, yaradıcılıq, problemlərin həlli, rəqəmsal savadlılıq və kommunikasiya bacarıqları kimi kompleks kompetensiyaların inkişaf etdirilməsini təşviq edir. Ənənəvi qiymətləndirmə üsullarında əsas diqqət nəticələrə (yəni test, imtahan və yazılı yoxlamaların nəticələrinə) yönəldilir. Lakin bu yanaşma şagirdin öyrənmə prosesində göstərdiyi səyləri, inkişaf dinamikasını və fərdi xüsusiyyətlərini nəzərə almaqda məhduddur. Müasir qiymətləndirmə modelləri isə öyrənməni ölçməklə yanaşı, onu istiqamətləndirmək və təşviq etmək məqsədi daşıyır. Bu kontekstdə formativ qiymətləndirmə ön plana çıxır. Müəllim və şagird arasında iki istiqamətli geribildirim mexanizmi qurularaq tədris prosesi daim təkmilləşdirilir. Eyni zamanda, rəqəmsal platformalar və süni intellekt əsaslı sistemlər vasitəsilə adaptiv qiymətləndirmə imkanları genişlənir. Bu sistemlər hər bir şagirdin fərdi sürətinə, təlim ehtiyaclarına və bacarıq səviyyəsinə uyğun suallar təqdim edir və nəticələri avtomatik təhlil edərək əks əlaqə yaradır. Bundan əlavə, şəffaflıq və obyektivlik prinsiplərinə əsaslanan rubrikalar, portfoliolar və özünü qiymətləndirmə kimi üsullar da intellektual təhsil sistemində müasir yanaşmaların əsas komponentləridir. Bu metodlar şagirdin yalnız bilik səviyyəsini deyil, eyni zamanda öyrənmə bacarıqlarını, tənqidi yanaşma qabiliyyətini və inkişaf potensialını da əhatə edir. Nəticə etibarilə, qiymətləndirmədə bu müasir yanaşmaların inteqrasiyası, təhsilin gələcəyini formalaşdırmaqda mühüm rol oynayır. Tədris prosesinin daha şəffaf, fərdiləşdirilmiş və innovativ əsaslarla qurulması, təhsil sistemində keyfiyyətin artırılması və sosial bərabərliyin təmin olunması baxımından da əhəmiyyətlidir. Bu yanaşmalar sayəsində qiymətləndirmə artıq sadəcə nə öyrəndiyini deyil, necə öyrəndiyini və necə inkişaf etdiyini də ölçən çoxölçülü bir sistemə çevrilir.

1. Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7-74.
2. Hattie, J., & Timperley, H. (2007). "The power of feedback. *Review of Educational Research*", 77(1), 81-112.
3. Guskey, T. R. (2003). How classroom assessments improve learning. *Educational Leadership*, 60(5), 6-11.
4. Stiggins, R. J. (2005). From formative assessment to assessment for learning: A path to success in standards-based education. *Phi Delta Kappan*, 87(4), 324-328.
5. Wagner, P., & Schober, B. (2008). Time investment and time management: An analysis of the time students spend working at home for school. *Educational Research and Evaluation*, 14(2), 139-153.
6. https://www.researchgate.net/publication/370241940_Artificial_intelligence-based_assessment_in_education
7. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X22000303>
8. <https://www.researchgate.net/directory/publications>
9. <https://www.researchgate.net/directory/publications>

SUMMARY

In accordance with the requirements of the modern era, education systems should not only transfer knowledge, but also develop creativity, critical thinking, problem-solving skills and other 21st century skills. This is important for students to be able to function successfully in society and the labor market in the future. For this, it is important that educational approaches are more flexible and dynamic. Rather than traditional assessment methods, the application of modern methods such as formative assessment, artificial intelligence-based assessment systems, adaptive approaches and transparent assessment comes to the fore. These approaches make the educational process more transparent, fair and effective. Assessment should not only be result-oriented, but also process-oriented. This allows for a deeper monitoring of students' development and identification of their strengths and weaknesses. Formative assessment continuously monitors students' progress in the educational process and provides them with suggestions and feedback during learning. This approach shows how far students have progressed and in which areas they need support, not only at the end. In addition, artificial intelligence-based assessment systems provide automatic feedback according to the individual learning speed and abilities of students. Adaptive approaches adapt educational programs to the developmental level and needs of the student. This provides a more effective teaching process, taking into account the individual approach to each student and their personal learning styles. In the future, the application of these modern approaches will lead to significant progress not only in the academic knowledge of students, but also in their practical skills, creativity and personal development. This will ensure that education systems adapt not only to current needs, but also to future requirements.

Keywords: intellectual education system, assessment approaches, artificial intelligence-based systems, formative assessment, adaptive education

РЕЗЮМЕ

В соответствии с требованиями современной эпохи системы образования должны не только передавать знания, но и развивать креативность, критическое мышление, навыки решения проблем и другие навыки 21 века. Это важно для того, чтобы студенты могли успешно функционировать в обществе и на рынке труда в будущем. По этой причине важно, чтобы образовательные подходы были более гибкими и динамичными. На первый план вместо традиционных методов оценки выходит применение современных методов, таких как формирующее оценивание, системы оценки на основе искусственного интеллекта, адаптивные подходы и прозрачная оценка. Такие подходы делают процесс образования более прозрачным, справедливым и эффективным. Оценка должна быть ориентирована не только на результат, но и на процесс. Это позволяет проводить более глубокий мониторинг развития учащихся и выявлять их сильные и слабые стороны. Формативное оценивание постоянно отслеживает прогресс учащихся в образовательном процессе и предоставляет им предложения и обратную связь по мере обучения. Такой подход показывает, насколько продвинулись учащиеся и в каких областях им нужна поддержка, причем не только в конце. Кроме того, системы оценки на основе искусственного интеллекта обеспечивают автоматическую обратную связь в соответствии с индивидуальной скоростью обучения и способностями учащихся. Адаптивные подходы адаптируют образовательные программы к уровню развития и потребностям учащегося. Это обеспечивает более эффективный процесс обучения за счет учета индивидуального подхода каждого студента и его личных стилей обучения. В будущем применение этих современных подходов приведет к значительному улучшению не только академических знаний студентов, но и их практических навыков, креативности и личностного развития. Это обеспечит адаптацию систем образования не только к текущим потребностям, но и к будущим требованиям.

Ключевые слова: *интеллектуальная система образования, подходы к оценке, системы на основе искусственного интеллекта, формирующее оценивание, адаптивное образование*

AZƏRBAYCANDA SÜNİ İNTELLEKT VƏ ONUN TƏTBİQ EDİLMƏ İMKANLARI
YÜKSƏK OLAN SAHƏLƏR
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17515618>

Nüşabə Hacıyeva

n.haciyeva@atu.edu.az

ORCID: 0009-0003-0296-4727

Azərbaycan Texnologiya Universiteti

Ayşən Məmmədova

a.memmedova@atu.edu.az

ORCID: 0009-0008-6544-3239

Azərbaycan Texnologiya Universiteti

XÜLASƏ

Süni intellektə (AI) dair tədqiqatlar bir sıra səbəblərə görə artmağa meyllidir. Əvvəllər intellektual sistemlər yaratmaq istəyi və həyəcanı akademik ictimaiyyətdə mövcud idi, lakin indi onların inkişafı və başlanğıcının demək olar ki, bütün biznes sektorlarını təmsil edən təşkilatların əksəriyyəti tərəfindən həll olunması qaçınılmaz görünür. Əlbəttə buna biznes strategiyalarındakı dəyişikliklərin təsiri də böyükdür. Süni intellektin biznesi necə dəyişəcəyi ilə bağlı müzakirələr müasir gündəmin əsas mövzudur.

Bu gün süni intellekt və onun tətbiqləri kənd təsərrüfatı, səhiyyə, səsli köməkçilər, onlayn söhbət və kommunikasiya, proqram təminatı kimi demək olar ki, hər sahədə effektivdir.

Təqribən 5 il əvvəl Azərbaycanda Süni İntellekt və Data Elmi istiqamətində danışılır və qurumlarda Data Elmi ümumiyyətlə tətbiq edilmirdi. Lakin son illərdə ölkəmizdə Süni İntellekt sahəsində oyanış və inkişaf müşahidə edilməyə başlandı.

Texnologiya sahəsində dünyanın ən qabaqcıl tədris müəssisəsi MIT və Süni İntellekt üzrə dövlətlərə və şirkətlərə xidmətlər göstərən dünya nəhəngi IBM şirkətinin 6 il əvvəl birgə apardığı tədqiqatda “Süni İntellekt elminin dövlətlərdə və müəsisələrdə tətbiqinin uğurlu olması üçün zəruri 3 əsas meyardan məhz birincisinin, birbaşa Rəhbər tərəfindən bu elminin tətbiqinin dəstəklənməsi olduğu qeyd olunmuşdu. Aparılan tədqiqatda qeyd edilirdi ki, Süni İntellekt elmi məlumatların təhlili və emalı üzərində qurulması səbəbindən və yüksək innovasiya tutumlu resurs tələb etməsi nöqtəyi nəzərdən, rəhbərliyin bu sahəyə diqqət və qayğısı həyata keçiriləcək layihələrin uğurlu olması üçün ilkin şərt idi. Həmin tədqiqata dayanaraq qeyd edə bilərik ki, Azərbaycanda Süni İntellektin tətbiq edilməsi və inkişaf etdirilməsi üçün dövlət rəhbərliyi tərəfindən dəstəyin mövcudluğu ölkədə sahənin inkişaf etdirilməsi üçün əlverişli zəmin yarandığından xəbər verir.

***Açar sözlər:** kommunikasiya, texnologiya, dron, innovasiya, kibertəhlükəsizlik*

GİRİŞ

Süni intellekt bazarı dünyada sürətlə böyüyür. Analitiklər süni intellekt bazarının ölçüsü ilə bağlı müxtəlif fikirlər qeyd edirlər. “MarketsandMarkets”-in hesablamalarına görə, 2023-cü ildə qlobal süni intellekt bazarının həcmi 150,2 milyard ABŞ dolları təşkil edib. “Next Move Strategy Consulting” qlobal süni intellekt bazarının 200 milyard ABŞ dollardan çox olduğunu təxmin edir. Ən optimist məlumatlar Hindistanın “Fortune Business Insights” konsaltinq şirkətindədir. Şirkətin proqnozlarına görə, 2030-cu ilədək süni intellekt bazarı 2023-cü ildəki 515,31 milyard ABŞ dollarından 2 trilyon ABŞ dollara qədər artmaqdadır. Eyni zamanda analitiklərin fikrincə, orta illik artım tempi 21,6-36,8 % təşkil edir. “Goldman Sachs”-in proqnozuna görə, növbəti 10 il ərzində süni intellekt texnologiyalarının iqtisadi təsiri qlobal miqyasda 7 trilyon ABŞ dollara çata bilər.

Azərbaycanda da süni intellekt sahəsi həm modernliyi, həm də maraq dairəsinə görə insanların marağına səbəb olur. Həmin marağın nəticəsidir ki, son illərdə ölkəmizdə bir çox sahələrdə süni intellekt tətbiq edilir və uğurlu nəticələr əldə olunur. Ümumi şəkildə desək, süni intellekt ölkəmizdə futbol, güləş, cudo və digər idman növlərində tətbiq edilir. Bundan başqa, kənd təsərrüfatında dronların tətbiqi, elektron hökumət portalında "ASAN Login" ilə öz tanıma və sistemə giriş imkanı mövcuddur. SOCAR və digər sənaye qurumlarında, neft-qaz şirkətlərində intellekt və robotlar tərəfindən müxtəlif layihələrin icrası aparılmaqdadır. Bununla yanaşı, çağırış mərkəzlərində süni intellekt daxilində səs, yazının tanınması və insanlara cavabverilməsi, generativ AI əsaslı xüsusi mobil tətbiqlər ilə insanların sual verib cavab alması işləri öz müsbət nəticələrini verməkdədir.

METODLAR

Tədqiqat prosesində təhlil, sintez, ümumiləşdirmə, kompleks və sistemli yanaşma kimi elmi-iqtisadi metodlara üstünlük verilmişdir.

MÜZAKİRƏ

Yuxarıda qeyd etdiyimiz nümunələrə əsasən deyə bilərik ki, süni intellekt elə bir sahə və ya tətbiqdır ki, burada məqsəd insan məntiqini, düşüncə və davranışını informasiya texnologiyalarında tətbiq etməkdir. Süni intellekt həm də dəqiq elmə sahəsi hesab olunur. Ona görə də bu sahədə aparılan tədqiqatlar bir çox sahələrə təsir göstərir. Həmin sahələrə iqtisadiyyat, psixologiya, optimallaşdırma, məntiq və bir sıra başqa sahələri qeyd etmək olar. Bu sahələr üzrə hal-hazırda dünyanın ən qabaqcıl, inkişaf etmiş ölkələri yüksək innovativ texnoloji məhsul və xidmətlərin inkişaf etdirilməsi üçün külli miqdarda maliyyə vəsaiti sərf edir. Son illər telekommunikasiya, elektron ticarət, nəqliyyat, səhiyyə, maliyyə və digər istehsalat sahələrində olduğu kimi, artıq innovativ sahibkarlıq sahəsində də süni intellekt məhsullarının tətbiqinə geniş yer verilir. (Ahmad və b., 2021, s.65)

Bildiyimiz kimi, süni intellekt informasiya texnologiyalarının ən müasir istiqamətlərindən biridir. Əminliklə deyə bilərik ki, bu istiqamət ən çox gəlir gətirən sahələrdən biridir. Süni intellektin istehsal və xidmət sahələrinə tətbiqi nəticədə ölkədə iqtisadiyyatın diversifikasiyanın gücləndirilməsinə təkan verir. Dünya trendlərinə əsasən, süni intellektdən son dövrlərdə aviasiya, təhsil, səhiyyə, maliyyə, ağır sənaye, neyrocərrahiyyə və digər sahələrdə tətbiq olunması uğurlu nəticələr verməkdədir. Qeyd etdiyimiz kimi, insan həyatı üçün vacib sahələrdə süni intellektin tətbiqi bir çox üstünlüklər yaradır. Həmin sahələrdən biri də səhiyyənin bir istiqaməti olan neyrocərrahiyyədir. Burada insan sağlamlığı önəmli olduğundan süni intellekt böyük vaxt tələb edən məsələlərin həllində effektiv nəticə göstərir. Əsas üstünlük kimi qeyd edə bilərik ki, süni intellekt yuxu və fasilə tələb etmədiyindən fasiləsiz işləyə bilir.

Bu sahədən hətta dünyada tədqiqat aparılarkən də istifadə edilir. Həmin tədqiqatlara atmosferdə, kosmos və okean dərinliklərində aparılan araşdırmaları aid edə bilərik. Belə sahələr də süni intellektin tətbiq olunmasının əsas səbəbi burada xətlərin başvermə ehtimalının olmamasıdır.

Süni intellektin qeyd etdiyimiz müsbət və effektiv təərəfləri ilə yanaşı mənfi təərəfləri də var. Süni intellektin mənfi tələblərindən biri işsizliyə səbəb olması və insan əməyinə olan tələbatı aşağı salmasıdır. Proqnozlara görə, 2030-cu ilədək dünyada işləyən əhəlinin üçdə-biri, Yaponiyada isə təqribən yarısı yeni peşələr axtarmaq məcburiyyətində qalacaq.

Hal-hazırda dünyada texnologiyanın inkişafı elə bir səviyyəyə çatıb ki, süni intellektdən istifadə edərək sürücüsüz idarə olunan avtomobillər yaradılır. "Google" şirkətinin yaratdığı pilotsuz avtomobillər ABŞ yollarında sınaqlardan da keçirilib. Bu ağıllı avtomobillər xeyli məsafə qət edərək bir dəfə də olsun yol hərəkəti qaydasını pozmayıb və qəzaya uğramayıb. "Google" şirkətinin təcrübəsini yalnız nəqliyyat şirkətləri deyil, yol hərəkəti qəzaları sahəsində ixtisaslaşan hüquqşünaslar da izləyirlər. Onların fikrincə, insan xətlərinin sayı sənədikcə xəsarət alan insan və maşınların sayı, nəticədə ölüm hadisələri və sığorta haqqı da azalacaq. Bu o deməkdir ki, yol hərəkəti hadisələrində zərər çəkən insanların hüquqlarını qoruyan hüquqşünasların da işinə tədricən ehtiyac qalmayacaq. Yalnız hüquqşünaslar deyil, sürücülər, yükdaşıyanlar, çağrı mərkəzlərinin, qaynar xətlərin operatorları öz işini itirəcək. (Felix, 2020, s. 33)

Azərbaycanda süni intellektin tətbiqinin hər il daha da artacağıının göstəricisi əvvəlki nəslə nisbətən yeni nəsil əhalinin internet texnologiyalarından daha məhsuldar istifadə edə bilmə potensialıdır. Ölkəmizdə təhsil sahəsində olan nəticələri buna misal göstərə bilərik.

Dünyada süni intellektin təhsil sistemində tətbiq olunması ilə əlaqəli bir çox tədqiqatlar aparılır və layihələr həyata keçirilir. Ancaq bu tətbiqin bir çox ölkələrdə xüsusilə də Azərbaycanda hələ də inkişafının ilk mərhələsində olduğunu qeyd etmək lazımdır. Aparılan tədqiqata əsasən, süni intellektin sinif və auditoriya otaqlarında istifadə oluna bilməsi üçün daha çox araşdırma aparılması və aparılan araşdırmaların praktikada tətbiq olunması lazımdır.

2020-ci ildə Covid-19 pandemiyasının hökm sürdüyü zamanlar süni intellektin təhsildə tətbiqinin əhəmiyyəti ortaya çıxmışdır. Belə ki, süni intellekt və ChatGPT təhsili sahəsində bir neçə ay ərzində geniş yayıldı. Yeni texnologiyanın öyrənmə və təhsil üçün geniş təsirləri var və tələbələr tərəfindən ev tapşırığına yardım vasitəsi və ya sənədlərin yazılması üçün tam əvəzedici kimi qəbul edilmişdir. (Arslan, 2020, s.56).

Azərbaycanda təhsil sahəsində süni intellektin tətbiqinin mövcud vəziyyəti hələ ki təqdirəlayiq deyildir. Texnoloji vasitələr ölkə məktəblərində kifayət qədər geniş tətbiq olunmur və müəllimlər bu cür vasitələrin integrasiyası üçün lazımı təlimlərdən keçməyiblər. Bu, tədrisdə yeniliklərin və fərdiləşdirilmiş tədris metodlarının tətbiqini çətinləşdirir. Hazırda bir çox Azərbaycan məktəbində ənənəvi təhsil üsulları üstünlük təşkil edir və texnologiyanın tədrisə integrasiyası çox məhduddur. Bu fərqliliyi aradan qaldırmaq üçün Azərbaycanda təhsilə texnologiyanın daxil edilməsi prosesinin sürətləndirilməsi və müəllimlərin bu sahədə ixtisaslaşması vacibdir. Texnoloji innovasiyalar tələbələrin öyrənmə prosesini daha maraqlı və təsirli edə bilər, ancaq bu sahədə ciddi investisiyalar və təlim proqramları tələb olunur. Azərbaycan təhsil sistemi dünya səviyyəsində rəqabətə davamlı olmaq üçün texnologiyaya daha çox diqqət ayırmalıdır.

Azərbaycanda Süni İntellektin təhsildə təşkili ilə bağlı ilk təşəbbüslərə “Center for Data Analytics and Web Insight” (CEDAWI) adlı tədqiqat mərkəzi, fəaliyyətlərini aid etmək olar. 2011-ci ildə yaranmış CEDAWI mərkəzi Big Data (Böyük həcmli verilənlərin emalı) istiqamətində elmi tədqiqatlar aparmaq və ölkə daxilində Big Data ilə əlaqəli böyük konfranslar təşkil etməklə tanınır.

Ölkədə Data Elmi və Süni İntellekt Elminə artacaq tələbatı görən bəzi biznes qurumları bu elmin tədrisi və tətbiqi istiqamətində konsultasiya xidmətləri həyata keçirməyə başlamışdır. Hazırda ölkədə 15-ə yaxın Data Elmi və Süni İntellektin müxtəlif istiqamətlərində xidmət verən Konsaltinq və Tədqiqat şirkətləri fəaliyyət göstərir. Bəzi yerli Data Elmi Akademiyaları artıq ölkəmizdə bu elmin tədrisi istiqamətində uğurlu fəaliyyətlər həyata keçirir.

Süni İntellekt çox böyük və fərqli alt qolları olan mürəkkəb elm sahəsidir. Azərbaycanda Süni İntellekti tətbiq edə bilən qurumlar Süni İntellektin bir və ya iki sahəsində ixtisaslaşa bilər. Bəzi qurumlar Böyük Datalarla işləyə biləcək mühəndislik arxitekturasını qurmağa fokuslanır, bəzi qurumlar məhz Vizual təhlillər icra etməyi həyata keçirir. Bəziləri tədqiqat istiqamətində, bəziləri isə Süni İntellektin tamamilə ayrı sahəsində fəaliyyət göstərir. Əslində bütün bu qurumların və kadrların bir birləri ilə koordinasiya içində olması onların birgə daha böyük qlobal uğurları əldə etmələrinə səbəb ola bilər. Bu həm də ölkəmizdə Süni İntellekt ehtiyaclarının daha effektiv təmin edilməsinə və bu elmin inkişafının öz yerli mütəxəssislərimiz tərəfindən həyata keçirilməsinə münbit şərait yarada bilər. Azərbaycan şirkətləri və dövlət qurumları hər il külli miqdarda vəsaiti məhz xarici data elmi üzrə konsultantlara xərcləyirlər. Ölkədəki Süni İntellekt təşəbbüslərini əlaqələndirən və stimullaşdıran vahid mərkəz mövcud olarsa bu platforma daxilində Süni İntellekt və Data Elmi sahəsində fəaliyyət göstərən Akademiyalar, Şirkətlər və Tədqiqat mərkəzləri birgə fəaliyyət göstərə bilər.

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti tərəfindən 2025 – 2028-ci illəri əhatə edən “Süni İntellekt Strategiyası” təsdiq edilib. Bu sənəd ölkənin süni intellekt sahəsində inkişafını sürətləndirmək, rəqəmsal inkişafı dəstəkləmək və qlobal süni intellekt ekosistemində Azərbaycanın rolunu gücləndirmək məqsədi daşıyır.

Strategiyanın əsas məqsədləri sırasında innovasiya və rəqəmsal inkişafın təşviqi, iqtisadiyyatın rəqabət qabiliyyətinin artırılması, süni intellekt əsaslı məlumat idarəetməsinin təşkili, ixtisaslı kadr hazırlığı, bilik və bacarıqların genişləndirilməsi, dövlət və özəl sektor arasında əməkdaşlığın gücləndirilməsi, məlumat təhlükəsizliyi və etik qaydalara əsaslanan idarəetmə mexanizmlərinin qurulması yer alır.

Süni intellektin inkişafı üçün əsas infrastruktur tədbirləri çərçivəsində yüksək səviyyəli hesablama resurslarının qurulması, açıq məlumat bazalarının yaradılması və süni intellektin müxtəlif istiqamətlərdə, xüsusilə Təbii Dil Emalı texnologiyalarında tətbiqi nəzərdə tutulur. Məlumat keyfiyyətinin artırılması və böyük həcmli verilənlərin effektiv şəkildə emal edilməsi üçün milli məlumat strategiyasının hazırlanması planlaşdırılır.

Bununla yanaşı, süni intellekt sahəsində akademik tədqiqatlara dəstək verilməsi və ali təhsil müəssisələrində yeni tədris proqramlarının tətbiq olunması da əsas prioritetlərdəndir. Konsepsiya çərçivəsində beynəlxalq əməkdaşlıqların inkişaf etdirilməsi də nəzərdə tutulur. Strategiyaya əsasən, süni intellekt sahəsində startap ekosisteminin inkişafı üçün investisiyaların artırılması, süni intellektin kommersiyalaşdırılmasını dəstəkləyən təşəbbüslərin həyata keçirilməsi, startap və sahibkarların dəstəklənməsi, yerli və xarici investorların bu sahəyə cəlb edilməsi planlaşdırılır.

Həmçinin süni intellekt sahəsində fəaliyyət göstərən sahibkarlıq subyektlərinə dəstək mexanizmlərinin genişləndirilməsi, o cümlədən güzəştli kreditlərin verilməsi ilə bağlı tədbirlər görülməkdir.

Süni intellekt texnologiyalarının etik istifadəsi və təhlükəsizliyinin təmin edilməsi strategiyanın mühüm istiqamətlərindən biridir. Bu məqsədlə tənzimləyici çərçivənin yaradılması, süni intellekt alqoritmlərinin şəffaflığının təmin edilməsi, məlumat qərəzinin aradan qaldırılması və kibertəhlükəsizliyin gücləndirilməsi istiqamətində tədbirlər həyata keçiriləcəkdir.

Eyni zamanda ictimaiyyətin süni intellekt texnologiyalarına dair məlumatlılığının artırılması və onlardan istifadənin cəmiyyət üçün faydaları barədə maarifləndirici kampaniyaların aparılması nəzərdə tutulur. Yeni strategiyanın həyata keçirilməsi Azərbaycanı süni intellekt texnologiyalarının inkişafı sahəsində regionda liderlər sırasına daxil edəcək və ölkənin rəqəmsal inkişafına mühüm töhfə verəcək. Bu strategiya, həmçinin süni intellekt ekosisteminin formalaşdırılması və ölkənin global süni intellekt platformalarında aktiv iştirakını təmin etmək üçün bir yol xəritəsi kimi çıxış edəcək.

ƏDƏBİYYAT

1. Ahmad, S. F., Rahmat, K.T, Mubarik, M. S., Alam, M. M., Hyder, S. I. (2021). Artificial Intelligence And Its Role In Education, Sustainability, Vol: XIII (No: XXII), 65-69
2. Arslan, K. (2020). Eğitimde Yapay Zeka ve Uygulamaları. Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi, Vol: XI (No: I), 56-63.
3. Felix, C. (2020). The Role of The Teacher and AI in Education. International perspectives on the role of technology in humanizing higher education, Vol: 33, 33-48.

ABSTRACT

Research on artificial intelligence (AI) is on the rise for a number of reasons. While the desire and excitement for creating intelligent systems used to be confined to the academic community, it now seems inevitable that their development and adoption will be addressed by a majority of organizations across almost all business sectors. Of course, this is also influenced by changes in business strategies. The debate over how AI will change business is a major topic on the modern agenda.

Today, artificial intelligence and its applications are effective in almost every field such as agriculture, healthcare, voice assistants, online chat and communication, and software.

About 5 years ago, there was no talk of Artificial Intelligence and Data Science in Azerbaijan, and Data Science was not generally applied in institutions. However, in recent years, the awakening and development in the field of Artificial Intelligence began to be observed in our country.

MIT, the world's most advanced educational institution in the field of technology, and the world giant IBM, which provides services to states and companies in the field of artificial intelligence, conducted a joint study 6 years ago, "The first of the 3 main criteria necessary for the successful implementation of the science of artificial intelligence in states and institutions, the direct implementation of this science by the Leader it was noted that the application is supported. In the conducted study, it was noted that Artificial Intelligence is based on the analysis and processing of scientific data and from the point of view of requiring resources with a high innovation capacity, the attention and care of the management in this field was a prerequisite for the success of the projects to be implemented. Based on that research, we can note that the presence of support from the state administration for the implementation and development of Artificial Intelligence in Azerbaijan indicates that a favorable ground has been created for the development of the field in the country.

Keywords: *communication, technology, drone, innovation, cybersecurity*

PASİYENT MƏRKƏZLİ TİBBİ RƏQƏMSAL ƏKİZİN ONTOLOJİ MODELİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17515651>

Aytən Əhmədova

ayten.adia1996@gmail.com

Elm və Təhsil Nazirliyi İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu

XÜLASƏ

Məqalədə rəqəmsal əkiz texnologiyasının tətbiqləri, mahiyyəti göstərilmiş, rəqəmsal əkiz texnologiyasının üstünlükləri şərh edilmişdir. Rəqəmsal əkiz canlı və ya cansız fiziki obyektin rəqəmsal surətidir. Tibbi rəqəmsal əkiz texnologiyalarının işlənilməsi real fiziki obyektə baş verən dəyişikliklərlə bağlı yaranan (yaranacaq) problemlərin daha tez aşkarlanmasında, müvafiq qərarların qəbul edilməsində, həmçinin insan sağlamlığının qorunması, insanlara daha keyfiyyətli tibbi xidmətin göstərilməsində xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Xəstənin fiziki xüsusiyyətlərinin və bədənindəki dəyişikliklərin rəqəmsal mühitə köçürülməsilə ilə yaradılan rəqəmsal əkizin vasitəsilə xəstəliyə uyğun erkən diaqnoz qoyulması və daha uğurlu müalicə üsulunun seçilməsi imkanı yaranır.

Məqalədə tibbi rəqəmsal əkizlər təhlil olunmuş və onların müsbət cəhətləri üzrə təsnifləndirilmişdir. Səhiyyədə xəstəliklərin terapiyası və səhiyyə idarəetmə qərarlarının qəbulunda çevikliyin, operativliyin təmin olunması üçün səhiyyənin pasiyentmərkəzli ontologiyası təhlil olunmuş, onun tibbi rəqəmsal əkizinin mərhələlərlə yaradılması və funksionallaşması üçün 4 səviyyəli ontoloji modeli təklif olunmuşdur. Səhiyyənin ümumilikdə pasiyentmərkəzli rəqəmsal əkizinin yaradılması üçün onun ontoloji modelinin hər bir səviyyəsi üzrə mövcud fiziki obyektlərin rəqəmsal əkizinin yaradılması vacib şərtlərdəndir.

Açar sözlər: *rəqəmsal səhiyyə, səhiyyə 4.0, rəqəmsal əkiz, virtual obyekt, pasiyentmərkəzli, ontologiya.*

Giriş

Hazırda dünyada Sənaye 4.0 adlandırılan dördüncü sənaye inqilabı baş verir. Əşyaların İnterneti (IoT), "ağıllı fabriklər" və "ağıllı cihazlar" insanı istehsalatda əvəz edir. Ümumiyyətlə dördüncü sənaye inqilabı və ya Sənaye 4.0 platforması əmək məhsuldarlığının artırılması və istehsal xərclərinin azalması üçün süni intellekt texnologiyalardan və real zamanda toplanan məlumatlardan istifadə edir. İnformasiya kommunikasiya texnologiyalarının (İKT), xüsusilə süni intellekt texnologiyalarının inkişafı, İKT-nin insan fəaliyyətinin bütün sferalarına tətbiq edilməsi səhiyyəyə də öz təsirini göstərmişdir (Mammadova, Jabrayilova, Ahmadova, 2023).. Səhiyyə xidmətləri bazarının inkişafı və İKT-nin bu sahəyə tətbiqi 2000-ci ildən etibarən prioritetlər sırasına daxil olmuşdur. 2000-ci ildə "Böyük səkkizlik" ölkələrinin "Səhiyyədə qlobal tətbiqlər" adlı layihəsi bu sahənin rəsmi inkişaf başlanğıcı hesab olunur. Növbəti addım isə 2005-ci ildə Dünya Səhiyyə Assambleyası tərəfindən keçirilmiş və Ümumdünya Səhiyyə Təşkilatı (ing. *World Health Organization, WHO*) tərəfindən qəbul edilmiş WHA58.28 qətnaməsidir (Aliguliyev, Mammadova, 2017, s.3-17).

“Səhiyyə 4.0” səhiyyə sisteminin rəqəmsallaşması proseslərinin növbəti təkamül mərhələsidir. Bu platforma Sənaye 4.0 texnologiyaları əsasında pasiyent, tibbi sistem və qurğuların bir-biri ilə əlaqəlisini təmin edərək “qoşulmuş tibb” (connected health) şəbəkəsini formalaşdırır.

İnformasiya texnologiyalarının tətbiqinin, sürətlənməsi sərhədlərinin və imkanlarının genişlənməsi, “Əşyaların interneti” paradigmasının geniş istifadəsi səhiyyənin rəqəmsallaşmasına şərait yaratmış, yeni tibbi mobil tətbiqlərin meydana gəlməsinə və keyfiyyətli mobil cihazların klinik praktikaya sürətli integrasiyasına səbəb olmuş, həmçinin “rəqəmsal transformasiya” fenomeninin meydana gəlməsini şərtləndirmişdir. Rəqəmsal transformasiya verilənlərin informasiyaya və biliyə çevrilməsinə, əldə edilmiş yeni biliklərin effektiv qərarların qəbulu üçün istifadəsinə imkan yaradır (Zaoui, Souissi, 2020, s.621-628). Rəqəmsal transformasiyanın baza texnologiyalarından biri olan rəqəmsal əkizlər (RƏ) təmsil etdikləri fiziki obyektin və ya prosesin rəqəmsal surəti kimi çıxış edir, məkandan asılı olmadan real vaxt rejimində prosesi monitorinq etməyə və qiymətləndirməyə imkan verir.

Odur ki, hazırkı məqalədə RƏ-in yaradılması istiqamətində tədqiqatlar analiz olunmuş, tibbi xidmətin keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması üçün tibbi rəqəmsal əkizlərin yaradılması imkanları göstərilmiş, tibbi rəqəmsal əkizin 4 səviyyəli pasiyentmərkəzli ontoloji modeli işlənib təklif edilmişdir.

Rəqəmsal əkiz ekosisteminin formalaşması

RƏ ideyasının tarixi 1950-ci illərdən başlayır. Bu zaman NASA (National Aeronautics and Space Administration – ABŞ Milli Kosmik Agentliyi), GE (General Electric) və digər sənaye istehsalçıları imitasiya modelləşdirməsi vasitəsilə avadanlığın istismar və həyat tsikli ərzində uçotunu aparmaq üçün avadanlığın abstrakt rəqəmsal modellərini yaradırdılar (Lim, Zheng, Chen, 2020, s.1313-1337).

RƏ konsepsiyası istehsalatda ilk dəfə 2002-ci ildə Miçiqan Universitetində tətbiq edilmişdir (hazırda Florida Texnologiya İnstitutu). “Fiziki obyektin virtual, rəqəmsal ekvivalenti” kimi müəyyən edilən RƏ məhsulun həyat tsiklinin idarə edilməsinin (ing. Product Lifecycle Management, PLM) əsasında duran konseptual model kimi təklif olunmuşdur (Grieves, Vickers, 2017, s.85-113). Həmin dövrdə bu texnologiyanın ümumi istifadəyə yararlı vəziyyətə gətirilməsi texnoloji baxımdan çox çətin və baha başa gəlirdi. Lakin on il sonra – “böyük verilənlər” (Big Data), IoT, Artificial intelligence (AI), 5G və Internet of Medical Things (IoMT) texnologiyalarının sürətli inkişafı bu ideyanın həyata keçirilməsinə imkan yaratdı. 2011-ci ildə M.Grieves tərəfindən RƏ termini elmə daxil edildi, 2014-cü ildə nəşr olunmuş texniki sənəddə “fiziki məhsulun virtual rəqəmsal ekvivalenti” konsepsiyası əsasında RƏ üçölçülü modeli təklif edildi (Vassolo, Cawley, 2021).

RƏ-in vahid tərfi olmasada, RƏ texnologiyasının təyinat və potensial tətbiq sahəsindən asılı olan çoxlu sayda tərifləri var. Məsələn:

- RƏ - canlı və ya cansız fiziki obyektin rəqəmsal surətidir (Grieves, 2014);
- Sensor məlumatlarını, kompüter modelləşdirməsini və AI alqoritmlərini özündə birləşdirən RƏ-i yaradılmış real dünyanın rəqəmsal güzgüsü kimi ifadə etmək olar (Jones, Snider, Nassehi, 2020, s.36-52);

- RƏ müəyyən seçimlərin, həllərin tətbiqinin təsirlərini test etməyə və proqnozlaşdırmağa, alınmış nəticələri rahat formada vizuallaşdırmağa imkan verir (Vanderhorn, Mahadevan, 2021) və s.

RƏ və onun real həyatdakı qarşılığı arasında fasiləsiz və etibarlı məlumat axını təmin edən əlaqənin olması zəruri şərtədir. Bu əlaqənin reallaşması üçün inkişaf etməkdə olan sensor texnologiyaları və IoT tətbiqlərinin imkanlarından istifadə edilməsi sənaye mühitində fiziki cihazların real vaxt rejimində monitorinqi kimi bir sıra maraqlı proseslərin aparılmasına yol açmışdır.

IoT qurğular, müxtəlif sensorlar və onlarla işləyən analitik tətbiqlər bir sıra inzibati idarəetmə, logistik və müalicə-diaqnostika məsələlərinin həllində tətbiq edilir. IoT-un qlobal əlaqəsi təminat, diaqnostika, terapiya, müalicə, dərmanlar, idarəetmə, maliyyə, gündəlik aktivlik və s. ilə bağlı müxtəlif tip tibbi məlumatları toplamağa, emal etməyə və effektiv istifadə etməyə imkan verir (Minevra, Lee, Crespi, 2020, s.1785-1824).

IoT cihazları fiziki komponentin RƏ-nin yaradılması üçün real vaxt rejimində zəruri məlumatın toplamasını asanlaşdırır və fiziki mühiti onun virtual görüntüsü ilə əlaqələndirir. Qeyd edək ki, yuxarıda qeyd olunan IoT vasitəsilə toplanan məlumatlar böyük xarakter daşıyır, ona görə də Big Data analitikası uğurlu RƏ-nin inkişafında əsas rol oynayır. Tibbi verilənlərə əlyətərliyin artması Big Data texnologiyalarının köməyi ilə müxtəlif verilənlər çoxluğundan ibarət olan böyük həcmli informasiyanın əsasında duran qarşılıqlı əlaqələrin daha dərin analizinə imkan verir. Məsələn, pasiyentlərin xəstəlik tarixçələri bazalarını, genom verilənləri və tibbi tədqiqatların hesabatlarını eyni vaxtda birgə emal etməyə və yekunda konkret pasiyentin müalicəsi üçün daha yaxşı qərarın qəbul edilməsi üçün lazımı informasiyanı əldə etməyə şərait yaradır (Jacoby, Uslander, 2020, s.6519).

RƏ onun fiziki analoqu dəyişdikcə yenilənir və dəyişir. O, fiziki obyektin cari vəziyyətini, yerini, funksiyasını, tərkibini və s. bilmək üçün sensorlardan istifadə edir. Daha sonra standartlaşdırılmamış verilənlər, real vaxtda virtual əkizə ötürülür və nəticədə situasiya dinamik əks etdirilir (Fei, Bin, 2022, 372-389).

Səhiyyə RƏ-in inqilabi təsir göstərə biləcəyi perspektiv sahələrdən biri hesab edilir. RƏ daha effektiv tibbi müdaxilələr həyata keçirmək, həkimlərə və tibb texnologiyalarına xəstənin sağlamlıq vəziyyətini anlamağa kömək etmək üçün nəzərdə tutulub (Mammadova, Ahmadova, 2023, s.21-23). RƏ-nin tibbdə tətbiqi üçün əsas şərtlərdən biri onun real dünyada fiziki obyektinin olmasıdır. Tibbi RƏ fiziki obyekt və ya tibbi sistem haqqında daxil olan bütün məlumatları özündə ehtiva edən dinamik rəqəmsal modeldir. Tibbi rəqəmsal əkizlər səhiyyədə bir çox problemlərin həllində istifadə oluna bilər. Bu problemlər sırasına hər hansı bir xəstəliyin ilkin mərhələsində erkən diaqnoz qoyulması və sonrakı inkişaf trayektoriyalarının izlənilməsi, tibbi yardımın vaxtının optimallaşdırılması, fərdiləşdirilmiş tibbin inkişafı, dərmanların təsir mexanizmlərinin müəyyənəşdirilməsi və s. daxildir.

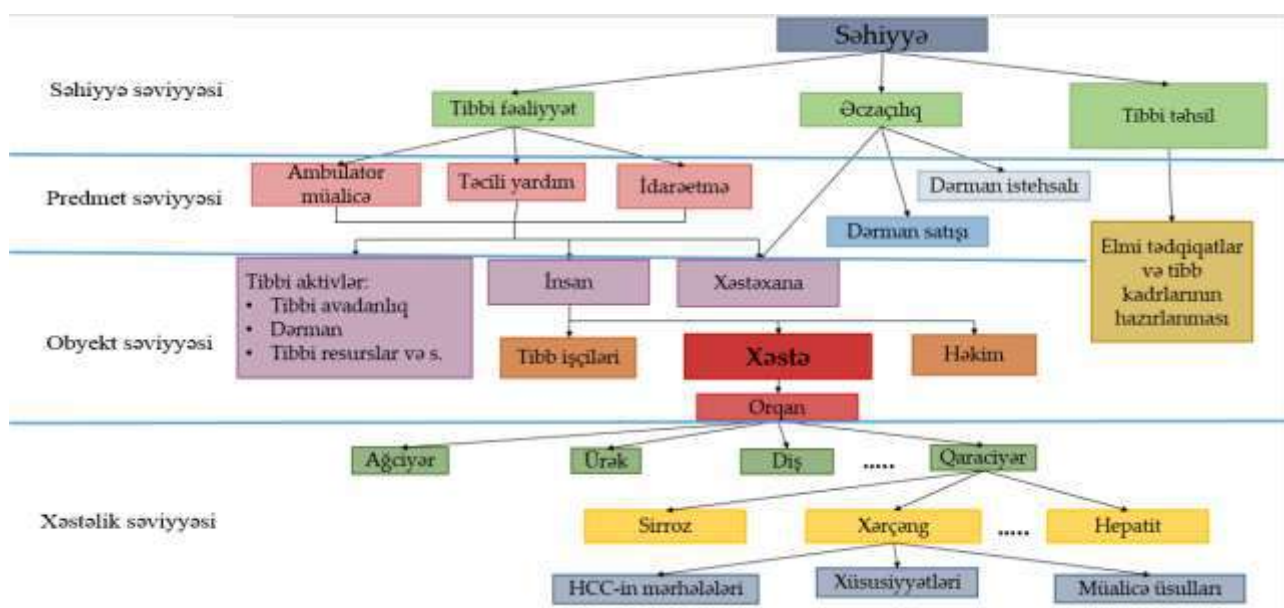
RƏ-in yaratdığı bu imkanlar səhiyyənin əsas komponenti olan pasiyentlərə tibbi yardımın göstərilməsində çox vacibdir. RƏ xəstənin fiziki xüsusiyyətlərinin və tibbi məlumatlarının rəqəmsal mühitə köçürülməsi ilə xəstəyə uyğun düzgün diaqnoz və müalicə prosesinin təyin edilməsində və fərdiləşdirilmiş tibbin formalaşmasında innovativ

həllər təklif edir. Xəstələrə yüksək keyfiyyətli tibbi xidmətin göstərilməsi pasiyentmərkəzli tibbin ontoloji təhlilini və müvafiq tibbi RƏ-in ontoloji modelinin qurulmasını şərtləndirir.

Pasiyentmərkəzli tibbi RƏ-nin ontoloji modeli

Səhiyyə sektorunda tibbi məlumatlar müxtəlif mənbələrdən, heterojen təbiətli olmaqla toplanır və bu məlumatların ümumi semantikasını başa düşməyə ehtiyac vardır. Bu semantik qarşılıqlı əlaqə probleminin mümkün həlli ontoloji yanaşmanın tətbiqi ilə mümkündür.

Ontologiya – predmet sahəsini təsvir və təqdim etmək üçün istifadə olunan iyerarxik strukturlu ümumi və xüsusi terminlər toplusudur (Dang, Hedayati etc. 2008, s.829-836). Ontologiyaların vəzifəsi terminlərin semantikasını, xassələrini və sözlərarası münasibətləri maksimum dərəcədə əks etdirməkdən ibarətdir. Son illərdə bir çox sahələrdə standartlaşdırılmış ontologiyalar hazırlanmışdır. Lakin hər bir ontologiya predmet sahəsindən, onun spesifik komponentlərindən və onlar arasında mövcud olan semantik münasibətlərdən asılıdır. Bunları nəzərə alaraq səhiyyə sistemində pasiyentmərkəzli tibbi RƏ-nin ontoloji modeli təklif olunur. Fig. 2-də ontoloji modelin 4 səviyyəli iyerarxik arxitekturası təsvir olunmuşdur.



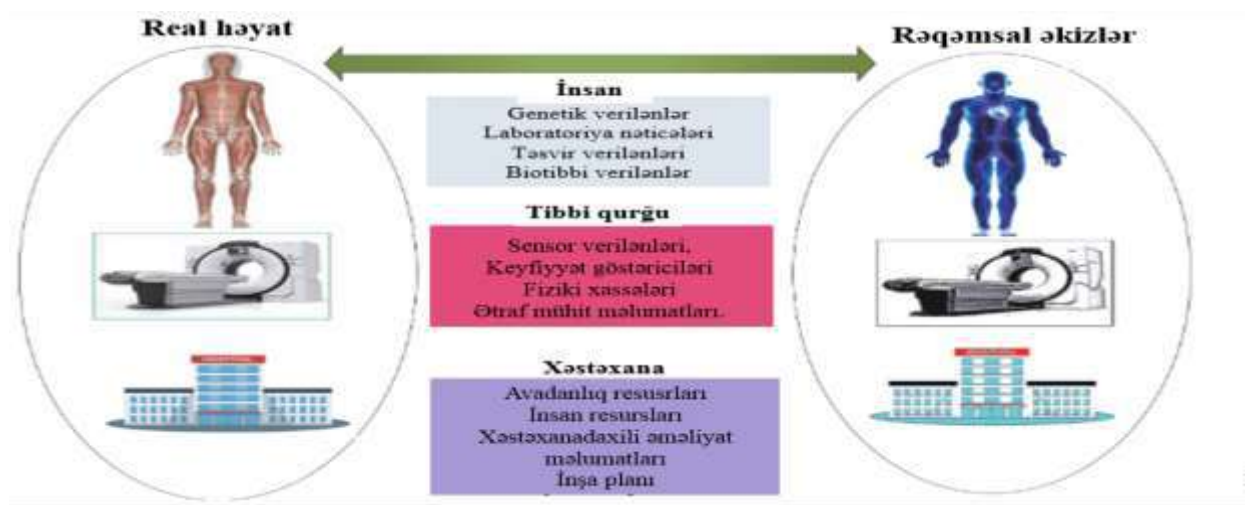
Şəkil 1. Pasiyentmərkəzli tibbi RƏ-nin ontoloji modeli

Şəkil 1-dən göründüyü kimi səhiyyənin tam RƏ yaradılması uzun zaman ala bilən və addım-addım həyata keçirilən bir prosesdir, və belə bir RƏ-nin yaradılması pasiyentmərkəzli tibblə yanaşı kadr, maddi, maliyyə təminatı baxımından səhiyyənin ontoloji təhlilini və müvafiq RƏ-nin yaradılmasını tələb edir. Yuxarıda təsvir olunmuş ontoloji modelə istinad etməklə səviyyələrlə səhiyyə sistemində pasiyentmərkəzli tibbi RƏ yaratmaq olar. I səviyyə ontoloji modelin səhiyyə səviyyəsi adlanır. Buraya tibbi fəaliyyət, əczaçılıq, tibbi təhsil daxildir. II səviyyə predmet səviyyəsidir, ambulator müalicə, təcili yardım, stomatologiya, dərman istehsalı və dərman satışı kimi bölmələri özündə ehtiva edir. Hazırkı tədqiqatlar və tətbiqlər pasiyentmərkəzli tibbi RƏ-nin III və IV səviyyələrinə

uyğun olaraq insanın ayrı-ayrı hər bir orqanları və bu orqanlarla bağlı xəstəliklər üzrə RƏ-in yaradılması istiqamətində tədqiqatlar aparılır.

Şəkil 2-də fiziki obyektədən toplanan məlumatlar əsasında onun virtual obyektinin (RƏ) yaradılması prosesi ontoloji modelin III səviyyəsini təşkil edən obyektlərin nümunəsində verilmişdir.

Virtual obyekt – kompüterdə tibbi obyektin davranışını izah edən bir sıra tətbiqlərdən ibarət proqram təminatıdır. Tətbiqlər obyektin fəaliyyətinə real vaxt rejimli nəzarət sistemi kimi istifadə olunur və bu sistem obyektin bütün həyat tsikli ərzində fəaliyyətdə olur. Virtual obyektin fəaliyyətinin izlənməsi üçün vizuallaşdırma sisteminin işlənməsi önəmli proseslərdən biridir. Vizuallaşdırma sistemi – tibbin müxtəlif sahələrində verilənlərin idarə edilməsi modellərini, müxtəlif mənbələrdən alınmış informasiyanı və nəticələri əyani formada əks etdirir. Bu, tibbi fiziki obyektə baş verən proseslərin effektiv monitorinqinə, nəzarətinə və idarə edilməsinə imkan yaradır.



Şəkil 2. Fiziki obyektin RƏ-ə transformasiyası üçün lazım olan məlumatlar

Analoji qaydada ontoloji modelin IV səviyyəsi, yəni insan bədəninin müəyyən üzvlərinin, orqanlarının rəqəmsal əkizlərini yaratmaq mümkündür. Hazırda real insanın fizioloji proseslərinin simulyasiyası üçün tibbi cihazlar vasitəsilə toplanmış verilənlərdən istifadə etməklə insan ürəyinin rəqəmsal əkizi yaradılmış və bir sıra tibbi problemlərin həlli üçün sınaqdan keçirilmə mərhələsindədir (Barricelli, Casiraghi etc. 2019, s.167653-167671). Qeyd etmək lazımdır ki, hər bir insanın ürəyi fərvidir, buna görə də əhali məlumatlarına əsaslanan universal anatomiya modelləri bu kontekstdə effektiv deyil. Onlardan fərqli olaraq, ürəyin rəqəmsal əkizi hər bir pasiyentin individual xüsusiyyətlərini əks etdirir. Hal-hazırda insan ürəyinin rəqəmsal əkizlərinin müxtəlif ürək xəstəliklərinin diaqnozu, proqnozu və müalicəsində effektivliyinin artırılması üçün imkanları araşdırılır və praktik tətbiqləri təhlil edilir. Alınan müsbət nəticələr, ürəyin RƏ-nin yaradılması üçün tətbiq edilən proseslər, texnologiyalar digər tibbi RƏ-nin yaradılması üçün plan nümunə kimi istifadə edilə bilər.

Nəticə

Məqalədə rəqəmsal transformasiya nəticəsində meydana gələn və onun baza texnologiyalarından biri olan RƏ texnologiyasının imkanları araşdırılmış, bu texnologiya ilə əlaqəli işlər nəzərdən keçirilmişdir. RƏ texnologiyasının tətbiqi müxtəlif mənbələrdən toplanmış heterogen və strukturlaşdırılmamış verilənlərdən istifadə etməklə tibbi xidmətin keyfiyyətinin fasiləsiz monitorinqi və qiymətləndirilməsini, qərarların qəbul edilməsini və onların həyata keçirilməsini avtomatlaşdırmağa əlverişli zəmin yaradır. Yeni nəsil rəqəmsal texnologiyaların, xüsusilə müasir IoT vasitələrinin və AI sistemlərinin integrasiyasında yaradılan RƏ texnologiyası real fiziki obyektin vəziyyətini onun virtual rəqəmsal nüsxəsi üzərində simulyasiya etməyə imkan verir. Bu da fiziki obyektə baş verən problemlərin aradan qaldırılmasını onun nüsxəsinin üzərində yerinə yetirməklə daha cəld və düzgün qərarın alınmasını təmin edir. RƏ-nin bu üstünlükləri səhiyyə sistemində ən mühüm məsələlərdən biri olan xəstə sağlamlığının qorunması, hər hansı bir xəstəliyin tez bir zamanda aşkarlanması və aradan qaldırılması üçün pasiyentmərkəzli RƏ yaradılmasını aktuallaşdırır. Bu məsələnin həllinin vacibliyi nəzərə alınaraq səhiyyə sistemində 4 səviyyəli pasiyentmərkəzli RƏ-nin ontoloji modeli təklif edilmişdir. Perspektivdə pasiyentyönümlü tibbi RƏ-in obyekt və xəstəlik səviyyələri üzrə tədqiqatların dərinləşməsi səhiyyənin kadr təminatı, maddi təchizat təminatı, dərman terapiyası və s. predmet obyektləri baxımından ontoloji təhlilinin aparılması nəzərdə tutulur.

ƏDƏBİYYAT

1. Alguliyev, R. M., & Mammadova, M. H. (2017). Essence, opportunities and scientific problems of e-medicine. *Problems of Information Society*, 2, 3–17. <https://doi.org/10.25045/jpis.v08.i2.01>
2. Barricelli, B. R., Casiraghi, E., & Fogli, D. (2019). A survey on digital twin: Definitions, characteristics, applications, and design implications. *IEEE Access*, 7, 167653–167671. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2953499>
3. Dang, J., Hedayati, A., Hampel, K., & Toklu, C. (2008). An ontological knowledge framework for adaptive medical workflow. *Journal of Biomedical Informatics*, 41(5), 829–836.
4. Grieves, M. (2014). *Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication* (White paper, p. 8).
5. Grieves, M., & Vickers, J. (2017). Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems* (pp. 85–113).
6. Jacoby, M., & Usländer, T. (2020). Digital twin and Internet of Things—Current standards landscape. *Applied Sciences*, 10(18), 6519. <https://doi.org/10.3390/app10186519>
7. Jones, D., Snider, C., Nassehi, A., et al. (2020). Characterising the digital twin: A systematic literature review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 29(A), 36–52.

8. Lim, K. Y. H., Zheng, P., & Chen, C. H. (2020). A state-of-the-art survey of digital twin: Techniques, engineering product lifecycle management and business innovation perspectives. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31, 1313–1337. <https://doi.org/10.1007/s10845-019-01512-w>
9. Mammadova, M. H., Jabrayilova, Z. G., & Ahmadova, A. A. (2023). *Expert assessments in decision making: Risks and safety*. Scientific Route OÜ. <https://doi.org/10.21303/978-9916-9850-2-1>
10. Mammadova, M. H., & Ahmadova, A. A. (2023). Development of digital twin ecosystem and ontology in medicine. *Technology Transfer: Fundamental Principles and Innovative Technical Solutions*, 21–23. <https://doi.org/10.21303/2585-6847.2023.003203>
11. Minerva, R., Lee, G. M., & Crespi, N. (2020). Digital twin in the IoT context: A survey on technical features, scenarios, and architectural models. *Proceedings of the IEEE*, 108(10), 1785–1824. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2020.2998530>
12. Tao, F., Xiao, B., Qi, Q., Cheng, J., & Ji, P. (2022). Digital twin modeling. *Journal of Manufacturing Systems*, 64, 372–389. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.06.015>
13. VanDerHorn, E., & Mahadevan, S. (2021). Digital twin: Generalization, characterization and implementation. *Decision Support Systems*, 145, 113524. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2021.113524>
14. Vassolo, R. S., Cawley, A. F., et al. (2021). Hospital investment decisions in Healthcare 4.0 technologies: Scoping review and framework for exploring challenges, trends, and research directions. *Journal of Medical Internet Research*, 23(8).
15. Zaoui, F., & Souissi, N. (2020). Roadmap for digital transformation: A literature review. *Procedia Computer Science*, 175, 621–628. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.07.090>

SUMMARY

Aytan Ahmadova

AN ONTOLOGICAL MODEL OF A PATIENT-CENTERED MEDICAL DIGITAL TWIN

The article presents the applications and conceptual foundations of digital twin technology, along with a discussion of its advantages. A digital twin is a virtual replica of a physical object, whether animate or inanimate. The development of medical digital twin technologies holds particular significance in the early detection of current or potential problems associated with changes occurring in real-world physical entities. These technologies facilitate informed decision-making, contribute to the preservation of human health, and enable the delivery of higher-quality medical services. By transferring a patient's physical characteristics and bodily changes into a digital environment, a digital twin can be created that enables early diagnosis of diseases and the selection of more effective treatment strategies.

The article analyzes medical digital twins and classifies them based on their advantages. To ensure agility and responsiveness in disease therapy and healthcare management decision-making, the article explores a patient-centered healthcare ontology. A four-level ontological model is proposed for the step-by-step development and functional deployment of a medical digital twin. The creation of a patient-centered digital twin in healthcare requires, as a fundamental condition, the generation of digital counterparts for existing physical entities at each level of the proposed ontological model.

Keywords: digital health, Health 4.0, digital twin, virtual object, patient-centered, ontology.

РЕЗЮМЕ

Айтан Ахмадова

ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОРИЕНТИРОВАННОГО НА ПАЦИЕНТА МЕДИЦИНСКОГО ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА

В статье представлены приложения и сущность технологии цифрового двойника, а также прокомментированы её преимущества. Цифровой двойник представляет собой цифровую копию физического объекта, будь то живого или неживого. Разработка медицинских цифровых двойников имеет особое значение для раннего выявления (возможных) проблем, связанных с изменениями, происходящими в реальном физическом объекте, принятия соответствующих решений, а также для сохранения здоровья человека и предоставления более качественных медицинских услуг. Создание цифрового двойника пациента путём переноса его физических характеристик и изменений в теле в цифровую среду предоставляет возможность ранней диагностики заболевания и выбора более эффективного метода лечения.

В статье проанализированы медицинские цифровые двойники и классифицированы их положительные стороны. С целью обеспечения гибкости и оперативности в терапии заболеваний и принятии управленческих решений в здравоохранении проанализирована пациентоориентированная онтология здравоохранения. Также предложена четырёхуровневая онтологическая модель для поэтапного создания и функционирования медицинского цифрового двойника. Создание цифрового двойника здравоохранения в целом, ориентированного на пациента, требует разработки цифрового двойника существующих физических объектов на каждом уровне соответствующей онтологической модели.

Ключевые слова: цифровое здравоохранение, здравоохранение 4.0, цифровой двойник, виртуальный объект, ориентированный на пациента, онтология

SÜNI İNTELLEKTİN TƏHSİL SAHƏSİNDƏKİ ROLU: NƏZƏRİYYƏ VƏ PRAKTİK TƏTBİQLƏR

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17515671>

Prof. Cavanşir Zeynalov
cavansirzeynalov@ndu.edu.az
[ORCID: 0009-0002-4985-6371](https://orcid.org/0009-0002-4985-6371)
Naxçıvan Dövlət Universiteti

Qasımova Səriyyə
tetbiqkepr94@gmail.com
[ORCID № 0000-0001-9101-9070](https://orcid.org/0000-0001-9101-9070)
Naxçıvan Dövlət Universiteti, müəllim

XÜLASƏ

Bu məqalədə süni intellektin (Sİ) təhsil sahəsindəki nəzəri və praktik aspektləri araşdırılır. Əvvəlcə süni intellektin pedaqoji nəzəriyyələri necə uzlaşdığı izah olunur. Daha sonra Sİ-nin real təhsil mühitlərində tətbiq sahələri – fərdi tədris, avtomatlaşdırılmış qiymətləndirmə, adaptiv öyrənmə sistemləri və emosional öyrənmənin dəstəklənməsi kimi istiqamətlər təhlil olunur. Məqalədə həmçinin müəllimlərin və şagirdlərin dəyişən rolları, eləcə də Sİ-nin təhsilin gələcəyinə təsiri müzakirə edilir. Məqsəd, süni intellektin təhsildə effektiv və ədalətli istifadəsinə dair nəzəri əsaslar və praktik nümunələr təqdim etməkdir.

Açar sözlər: *Süni intellekt, Fərdi öyrənmə, Adaptiv təlim sistemləri, Avtomatlaşdırılmış qiymətləndirmə, Maşın öyrənmə, Dərin öyrənmə*

Giriş

Süni intellekt (SI) — insanların düşünmə və qərar vermə proseslərini təqlid edən, məlumatları analiz etmək, öyrənmək və nəticələr çıxarmaq bacarığına malik kompüter sistemlərinin inkişafını ifadə edir. SI-nin əsas məqsədi, məlumatdan istifadə edərək müəyyən problemləri həll etmək, öyrənmək və müstəqil qərarlar qəbul etməkdir. Bugünkü dövrdə süni intellektin geniş tətbiq sahələri mövcuddur, bunlar arasında səhiyyə, maliyyə, avtomobil sənayesi və təhsil kimi sahələr də var.

Təhsil sahəsində süni intellektin istifadəsi, ənənəvi tədris metodlarını daha effektiv və fərdiləşdirilmiş şəkildə həyata keçirmək üçün güclü bir vasitə olaraq ortaya çıxıb.

Müasir təhsil sistemlərində süni intellekt tətbiqləri müəllimlərin işini yüngülləşdirir, tələbələrin fərdi ehtiyaclarını nəzərə alaraq tədris proseslərini təkmilləşdirir və daha çevik təhsil platformalarının yaranmasına şərait yaradır.

Süni İntellektin Təhsil Sistemində Necə İnkişaf Etməyə Başladı:

Təhsil sahəsində süni intellektin inkişafı, əsasən 20-ci əsrin sonlarından başlayaraq sürətlənmişdir. Əvvəlcə süni intellektin təhsil sahəsindəki tətbiqləri çox məhdud idi və əsasən statistik təhlil və məlumatların idarə edilməsi ilə əlaqədar idi. Lakin sonrakı dövrlərdə, xüsusən də internetin və rəqəmsal texnologiyaların sürətli inkişafı ilə, süni intellektin tətbiq dairəsi genişlənmişdir.

Əsasən *maşın öyrənmə*, *dərin öyrənmə*, *təbii dil işləmə* (NLP) və *robototexnika* kimi texnologiyalar təhsil sahəsində öz tətbiqini tapmağa başlamışdır. Bu texnologiyalar müasir onlayn təhsil platformalarında, fərdiləşdirilmiş tədris proqramlarında, tələbə qiymətləndirmə və izləmə sistemlərində, hətta sinif otaqlarında istifadə olunmağa başlanıb. Bu dövrün əlamətdar hadisələrindən biri, təhsil texnologiyalarının inkişafı ilə paralel olaraq müəllim və tələbə qarşılıqlı əlaqəsinin daha interaktiv və texnoloji cəhətdən zəngin hala gəlməsidir.

Mövzunun Əhəmiyyəti və Təhsildə Süni İntellektin İstifadəsinin Gələcəyi:

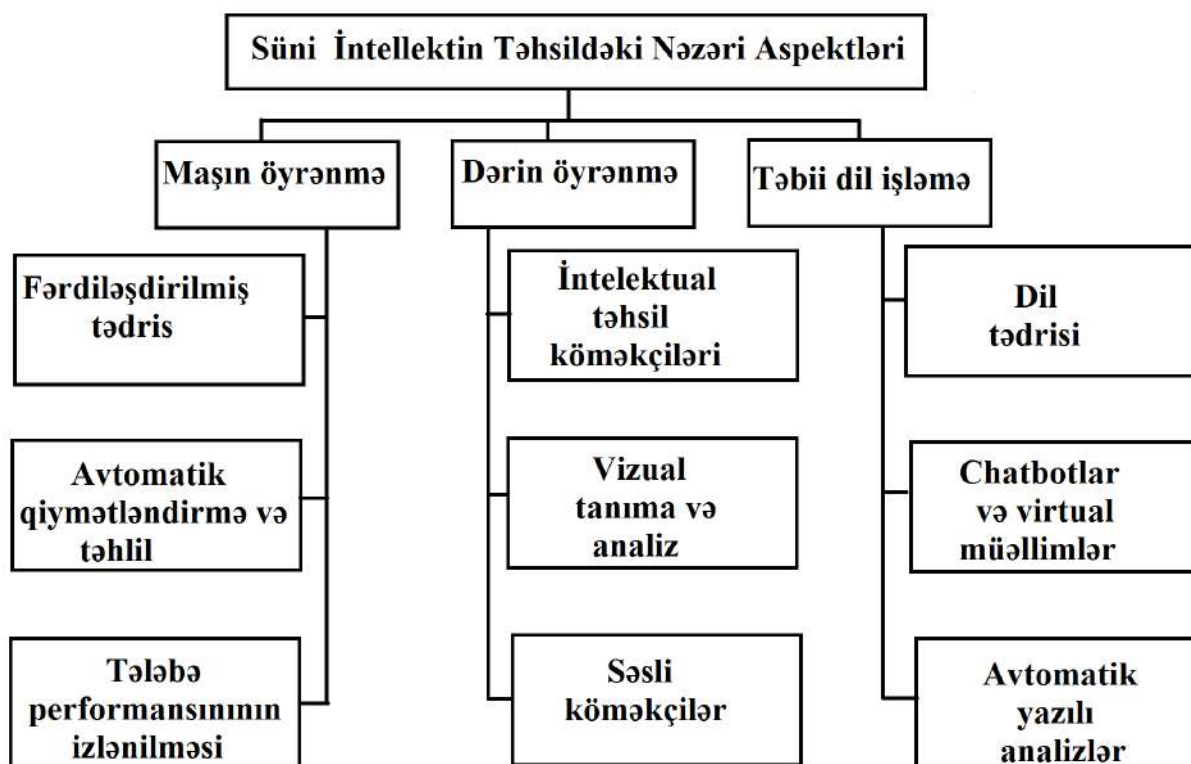
Təhsil sahəsində süni intellektin rolu hər keçən gün daha da önəmli olur. Bugünkü təhsil sistemləri, dəyişən iqtisadiyyat və texnologiyalara uyğunlaşmaqda çətinlik çəkir. Burada süni intellektin tətbiqi, təhsil proseslərinin daha çevik, fərdiləşdirilmiş və effektiv olmasına imkan tanıyır. Süni intellekt, tələbələrə öyrənmək, mövzuları daha dərinləndirən anlamaq və individual təhsil ehtiyaclarına uyğun olaraq tədris alətləri təqdim etmək imkanı yaradır.

Gələcəkdə süni intellektin təhsil sahəsindəki istifadəsi daha da genişlənəcək. Məsələn, avtomatik qiymətləndirmə, tələbə məlumatlarının təhlili və tədris üsullarının optimallaşdırılması sahəsində daha çox yeniliklər gözlənilir. Süni intellektin daha irəliləmiş formaları ilə əlaqəli təhsil alətləri və platformaları da daha mükəmməl olacaq,

müəllimlərin iş yükünü azaldacaq və tələbələrin daha yaxşı təhsil almasına kömək edəcək.

Süni İntellektin Təhsildəki Nəzəriyyəvi Aspektləri

Süni İntellektin Əsas Anlayışları: Maşın Öyrənmə, Dərin Öyrənmə, Təbii Dil İşləmə (NLP).



1. **Maşın Öyrənmə (Machine Learning - ML).** Maşın öyrənmə, süni intellektin bir alt sahəsidir və bu sahədəki əsas məqsəd, kompüterlərin verilənlərdən öyrənərək gələcəkdə daha yaxşı nəticələr əldə etmələridir. Maşın öyrənmənin əsas prinsipi, proqramların müəyyən nümunələri tanıyaraq və verilən məlumatları təhlil edərək öz fəaliyyətlərini optimallaşdırmalarıdır. Təhsil sahəsində maşın öyrənmə, tələbələrin nəticələrini təhlil etmək, tədris proqramlarını fərdiləşdirmək və tələbənin inkişafını izləmək üçün geniş şəkildə istifadə edilir.

Təhsil sahəsində tətbiqləri:

Fərdiləşdirilmiş tədris: Maşın öyrənmə, tələbələrin güclü və zəif tərəflərini müəyyən etmək üçün istifadə edilə bilər və bu məlumat əsasında fərdi tədris planları hazırlamaq mümkündür.

Avtomatik qiymətləndirmə və təhlil: Süni intellektin maşın öyrənmə alqoritmləri, tələbə yazılılarını və test cavablarını avtomatik olaraq qiymətləndirə bilər, bu da müəllimlərin iş yükünü azaldır.

Tələbə performansının izlənməsi: Maşın öyrənmə, tələbələrin müvəffəqiyyətini və təhsil sahəsindəki inkişaflarını izləmək üçün istifadə edilə bilər, hansı ki, əvvəlki məlumatlara əsaslanaraq gələcək performansları proqnozlaşdırır.

2. **Dərin Öyrənmə (Deep Learning - DL).** Dərin öyrənmə, maşın öyrənmənin daha inkişaf etmiş bir formasıdır və bu sahədə verilənlərdən kompleks və çoxpilləli xüsusiyyətləri tanıyan alqoritmlərin inkişafı məqsədini güdür. Dərin öyrənmə əsasən neyron şəbəkələrinə əsaslanır və çoxlu qatlar (layers) vasitəsilə verilənləri analiz edir.

Təhsil sahəsində tətbiqləri:

İntellektual təhsil köməkçiləri: Dərin öyrənmə, tələbə ilə əlaqə quran və suallarına cavab verən ağıllı köməkçilərin yaradılmasında istifadə edilir.

Vizual tanıma və analiz: Təsvirləri tanıma və analiz etmə texnologiyaları təhsildə (məsələn, tələbə təqdimatlarının və layihələrinin qiymətləndirilməsi) tətbiq oluna bilər.

Səsli köməkçilər: Səsli komanda ilə idarə edilən təhsil sistemləri (məsələn, səsli tədris və sual-cavab) dərin öyrənmə ilə inkişaf etdirilə bilər.

3. **Təbii Dil İşləmə (Natural Language Processing - NLP).** Təbii dil işləmə, süni intellektin bir sahəsi olub, kompüterlərin insan dilini başa düşmə və emal etmə qabiliyyətini inkişaf etdirir. NLP, dilin strukturlarını, mənalarını və əlaqələrini təhlil edərək, dilin istifadəsini avtomatikləşdirir. Bu texnologiya, təhsil sahəsində tələbələrin dil qabiliyyətlərini inkişaf etdirmək və onlarla qarşılıqlı əlaqə qurmaq məqsədilə istifadə edilir.

Təhsil sahəsində tətbiqləri:

Dil tədrisi: NLP, dil öyrənmə proqramlarının təkmilləşdirilməsi üçün istifadə edilə bilər. Tələbələrin yazılarını və ya nitqlərini analiz edərək onlara düzgünlük və üslub barədə geribildirim verə bilər.

Chatbotlar və virtual müəllimlər: Tələbələrlə əlaqə qurmaq və onların suallarını cavablandırmaq üçün NLP ilə gücləndirilmiş chatbotlar təhsil sahəsində geniş istifadə olunur.

Avtomatik yazılı analizlər: Tələbə yazılarının analiz edilərək, yazılı ifadə, qrammatika və üslub baxımından qiymətləndirilməsi üçün NLP texnologiyasından istifadə edilə bilər.

Fərdi Yanaşmalar və Adaptiv Təhsil: Süni İntellektin Tələbələrin Fərdi Ehtiyaclarına Uyğun Tədris Üsullarını Necə Formalaşdırması

Fərdi yanaşmalar, təhsil sistemlərində hər bir tələbənin xüsusi ehtiyaclarını, maraqlarını və öyrənmə sürətini nəzərə alaraq tətbiq edilən tədris üsullarını ifadə edir. Təhsil sistemləri, tələbələrin fərdi inkişafını dəstəkləmək və onların potensialını maksimum dərəcədə artırmaq məqsədilə daha fərdiləşdirilmiş yanaşmalar təklif etməyə çalışır.

Adaptiv təhsil, tələbələrin fərdi təhsil ehtiyaclarına uyğun olaraq tədris prosesinin real vaxtda tənzimlənməsi deməkdir. Süni intellekt bu yanaşmalara böyük bir dəstək verir, çünki süni intellekt alqoritmləri, tələbənin davranışlarını, təhsil nəticələrini və öyrənmə sürətini analiz edərək fərdiləşdirilmiş tədris planları və məzmun təklif edə bilər.

Süni intellektin fərdi yanaşmalar və adaptiv təhsil üçün istifadəsi:

1. Öyrənmə Sürətinə Uyğun Fərdiləşdirmə: Süni intellekt, tələbənin öyrənmə qabiliyyətini izləyə və buna uyğun olaraq dərsləri tənzimləyə bilər. Məsələn, bir tələbə müəyyən bir mövzunu asanlıqla öyrənirsə, sistem dərs materialını daha çətin mövzulara keçirə bilər. Əksinə, bir tələbə müəyyən bir mövzuda çətinlik yaşayırsa, süni intellekt bu mövzuda əlavə tapşırıqlar və dərslər təklif edərək tələbənin zəif tərəflərini gücləndirə bilər.

2.Fərdi Tədris Planları: Süni intellekt, tələbənin əvvəlki nəticələrini və davranışlarını analiz edərək, onlara uyğun fərdi tədris planları təqdim edə bilər. Bu planlar tələbənin hər bir mövzudakı güclü və zəif tərəflərini nəzərə alaraq daha uyğun materiallar və fəaliyyətlər təqdim edir. Bu, təhsil prosesini tələbəyə uyğunlaşdırmaq və onların öyrənmə təcrübəsini daha məhsuldar etmək məqsədi güdür.

3. Real-Zamanlı Geribildirim: Süni intellekt, tələbənin fəaliyyətlərini izləyərək onlara real vaxtda geribildirim verə bilər. Məsələn, bir tələbə tapşırığı həll edərkən səhv edir və ya çətinlik yaşayırsa, sistem dərhal ona düzgün yanaşma və həll yolu təqdim edə bilər. Bu, tələbələrin anında öyrənməsini və səhvlərini düzəltmələrini təmin edir.

4. Fərdi Öyrənmə Resursları: Süni intellekt, tələbənin təhsil ehtiyaclarına uyğun mənbələr və resurslar təqdim edə bilər. Məsələn, müəyyən bir tələbə vizual öyrənməyi üstün tutursa, ona videolar və qrafiklər təqdim edilə bilər. Başqa bir tələbə isə mətn əsasında öyrənir, ona daha çox yazılı mənbələr təqdim edilə bilər.

5. Motivasiya və Mükafatlandırma: Süni intellekt, tələbələrin irəliləyişini izləyərək onları mükafatlandırma sistemi ilə təşviq edə bilər. Hər bir tələbənin şəxsi inkişafını qiymətləndirərək uyğun mükafatlar və motivasiya təklif edilməsi, onların öyrənmə prosesində daha çox iştirak etmələrinə səbəb ola bilər.

6. Simulyasiyalar və Virtual Siniflər: Tədris metodlarını daha innovativ etmək üçün süni intellekt simulyasiya və virtual sinif mühitləri təqdim edir. Bu mühitlər, tələbələrin real həyatda qarşılaşacaqları situasiyaları təcrübə etmələrinə imkan verir. Məsələn, tibbi və mühəndislik təhsili sahələrində simulyasiyalar vasitəsilə tələbələr real şəraitdə praktiki bacarıqlar əldə edirlər.

7. Əməkdaşlıq və Qruplarda Öyrənmə: Süni intellekt, tələbələrin bir-biri ilə əməkdaşlıq etmələrini təşviq edir. Onlayn müzakirələr, qrup tapşırıqları və kollektiv layihələr süni intellekt vasitəsilə daha asan idarə oluna bilər. Bu metod, tələbələrin sosial bacarıqlarını inkişaf etdirir və onlara problemləri birgə həll etmə təcrübəsi qazandırır.

Praktik Tətbiqlər və İnnovasiyalar:

Robotlar və Virtual Müəllimlər: Texnologiyanın Təhsil Mühitinə Daxil Olması və Real Vaxtda Dərs Keçən Robotlar.

Texnologiyanın təhsil mühitinə daxil olması, yeni yanaşmalar və metodların tətbiqini təmin edir. Robotlar və virtual müəllimlər, xüsusilə real vaxtda dərs keçə bilən və tələbələrin suallarını cavablandıran texnoloji həllər olaraq təhsilin gələcəyində mühüm rol oynayır. Bu texnologiyalar, tələbələrlə daha interaktiv təcrübə yaratmaq və tədris prosesini daha mürəkkəb hala gətirmək məqsədini güdür.

Robotlar və virtual müəllimlərin təhsildə istifadəsi:

1. **Robot Müəllimlər:** Robotlar, fiziki və virtual aləmlərdə dərs keçə bilən texnoloji həllərdir. Məsələn, müəyyən təhsil müəssisələrində robot müəllimlər tələbələrə dərs keçə və ya tədris materiallarını təqdim edə bilər. Robotlar, tələbələrin hərəkətlərini izləyərək onların ehtiyaclarına uyğun dərs proqramları təqdim edə bilər. Ayrıca, onlar tələbələrin suallarına cavab verə bilər və dərs əsnasında real vaxtda dəstək verə bilərlər.

2. **Virtual Müəllimlər:** Virtual müəllimlər, süni intellekt və real vaxtda ünsiyyət bacarıqları ilə gücləndirilmiş, müəllim rolunu yerinə yetirən proqramlardır. Bu müəllimlər tələbələrlə səsli və ya mətnli şəkildə əlaqə qura bilər, dərsləri izah edə bilər və tələbənin suallarını cavablandıraraq tədris prosesini asanlaşdırır. Virtual müəllimlər həmçinin, tələbənin fəaliyyətini izləyərək ona uyğun əlavə tədris materialları və tapşırıqlar təklif edir.

3. **Süni İntellektlə Gücləndirilmiş İnteraktiv Tədris:** Robotlar və virtual müəllimlər, təhsil prosesini daha interaktiv hala gətirir. Tələbələr, dərs əsnasında virtual müəllimlərlə ünsiyyət quraraq dərsləri daha ətraflı şəkildə öyrənə bilərlər. Bu texnologiyalar, xüsusən uzaq yerlərdə yaşayan və ənənəvi təhsil müəssisələrinə girməyən tələbələr üçün böyük bir üstünlük təmin edir.

4. **Real Vaxtda Dərs Keçən Robotlar:** Real vaxtda dərs keçən robotlar artıq

bəzi təhsil mühitlərində istifadə edilməyə başlanmışdır. Məsələn, müəyyən məktəblərdə robotlar tələbələrə müxtəlif fənlərdə dərs keçirlər. Bu robotlar, tələbələrlə birbaşa əlaqə qurur, onlara dərs materiallarını təqdim edir və suallara cavab verir. Həmçinin, tələbələrin reaksiyalarını izləyir və dərs təcrübəsini onların ehtiyaclarına uyğun tənzimləyir.

5. **Təhsil İstedadlarının İnkişafı:** Robotlar və virtual müəllimlər, xüsusi təhsil ehtiyacı olan tələbələrə də böyük dəstək verir. Bu texnologiyalar, fərdi ehtiyacları olan tələbələrə uyğun dərs proqramları və tədris metodları təqdim edərək onların təhsilində irəliləyiş əldə etməyə kömək edir.

6. **Multimodal Tədris:** Robotlar və virtual müəllimlər, multimodal tədris üsullarını dəstəkləyir. Məsələn, tələbələrə həm vizual, həm də səsli materiallar təqdim edilə bilər. Bu yanaşma, öyrənmə üslublarına uyğun olaraq tələbələrin daha yaxşı qavrayış və yaddaş əldə etməsinə kömək edir.

NƏTİCƏ

Süni intellektin təhsil sahəsində tətbiqləri, tədrisin effektivliyini və tələbələrin öyrənmə təcrübələrini əhəmiyyətli dərəcədə təkmilləşdirir. Rəqəmsal təhsil platformaları, süni intellektlə gücləndirilmiş müəllim köməkçiləri və tələbə performansını izləmə və qiymətləndirmə üsulları, təhsil sistemlərinə daha şəffaf, fərdiləşdirilmiş və çevik yanaşmalar təqdim edir. Bu yeniliklər, müəllimlərin işini yüngülləşdirir, tələbələrin öyrənməsini dəstəkləyir və təhsil sahəsində daha böyük nailiyyətlər əldə edilməsinə imkan yaradır.

Süni intellektin integrasiyası, tələbələrin təhsil təcrübələrini daha fərdiləşdirilmiş və məhsuldar edir, həmçinin tədris prosesini daha effektiv hala gətirir. Robotlar və virtual müəllimlər, təhsil mühitini daha interaktiv və şəxsiyyətə uyğunlaşdıraraq tələbələrə daha zəngin öyrənmə təcrübəsi təqdim edir.

Ümumilikdə, süni intellektin təhsildəki tətbiqi təhsilin gələcəyinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərəcək və bu texnologiyalar təhsilin keyfiyyətini və əhatəliliyini artırmağa kömək edəcək.

Prof.Cavanshir Zeynalov

cavansirzeynalov@ndu.edu.az

Nakhchivan State University

SUMMARY

This article explores the theoretical and practical aspects of artificial intelligence (AI) in the field of education. It begins by explaining how AI aligns with pedagogical theories. The paper then examines the application areas of AI in real educational settings—such as personalized learning, automated assessment, adaptive learning systems, and the support of emotional learning. The changing roles of teachers and students, as well as the impact of AI on the future of education, are also discussed. The aim is to present theoretical foundations and practical examples for the effective and equitable use of AI in education.

Keywords: *Artificial intelligence, Personalized learning, Adaptive learning systems, Automated assessment, Machine learning, Deep learning*

Проф. Джаваншир Зейналов

cavansirzeynalov@ndu.edu.az

Нахичеванский государственный университет

РЕЗЮМЕ

В данной статье рассматриваются теоретические и практические аспекты использования искусственного интеллекта (ИИ) в сфере образования. В начале объясняется, как ИИ соотносится с педагогическими теориями. Затем анализируются области применения ИИ в реальных образовательных условиях — такие как персонализированное обучение, автоматизированная оценка, адаптивные обучающие

системы и поддержка эмоционального обучения. Также обсуждаются изменяющиеся роли преподавателей и учащихся, а также влияние ИИ на будущее образования. Цель статьи — представить теоретические основы и практические примеры эффективного и справедливого использования ИИ в образовательной среде.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, персонализированное обучение, адаптивные обучающие системы, автоматизированная оценка, машинное обучение, глубокое обучение*

Ədəbiyyat siyahısı

1. Koller, D., & Weiss, M. (2019). Artificial Intelligence in Education: Promises and Challenges. *Journal of Educational Technology*, 58(3), 45-59.
2. Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*. Nesta.
3. Selwyn, N. (2019). *Should Robots Replace Teachers? AI and the Future of Education*. Polity Press.
4. Tegmark, M. (2017). *Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence*. Penguin Books.
5. West, D. M. (2018). *The Future of Work: Robots, AI, and Automation*. Brookings Institution Press.
6. Chen, X., & Xie, H. (2020). Personalized Learning and Artificial Intelligence: A Systematic Review. *International Journal of Educational Technology*, 17(2), 39-52.
7. Mouza, C., & Lavigne, N. (2020). Artificial Intelligence and Education: Current Practices and Future Directions. *Computers & Education*, 139, 87-99.
8. Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books.

9. Baker, R. S., & Siemens, G. (2014). Educational Data Mining and Learning Analytics. *Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, 253-274.
10. Zawacki-Richter, O., & Anderson, T. (2014). *Online Distance Education: Towards a Research Agenda*. Springer.
11. Woolf, B. P. (2010). *Building Intelligent Interactive Tutors: Student-Centered Strategies for Artificial Intelligence in Education*. Morgan Kaufmann.
12. Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: defining "gamification". *Proceedings of the 2011 annual ACM conference on Human factors in computing systems*, 9-15.
13. Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. Crown Business.
14. Chien, S. Y., & Chang, C. S. (2021). The Impact of Artificial Intelligence on Personalized Education. *Journal of Educational Computing Research*, 59(2), 385-400.
15. Miller, C. D. (2022). Educational Robots in the Classroom: A Comprehensive Review. *International Journal of STEM Education*, 9(2), 1-15.

MACHINE LEARNING IN EDUCATION: A PERSONALIZED APPROACH FOR THE STUDENT OF THE FUTURE

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17515720>

Chinara Rzazadeh
chrzayeva2024@gmail.com
Nakhchivan State University

Introduction

Education has always been at the heart of human progress, shaping societies, fostering innovation, and preparing future generations for the challenges ahead. However, traditional educational methods have long struggled to address the diverse needs of individual students. Classrooms, typically centered around a standardized curriculum, often leave behind students who need additional support while under-challenging those who progress faster. With the growing diversity of student backgrounds, learning abilities, and interests, the need for a more personalized, dynamic, and inclusive approach to education has never been more pressing. (Anderson, & Dill, 2000, p. 780)

Enter machine learning (ML), a powerful subset of artificial intelligence (AI) that has the potential to revolutionize the way we teach and learn. Unlike traditional systems, which rely on static content delivery, machine learning systems adapt in real-time to students' individual needs, providing a personalized experience that can lead to more effective learning outcomes. Through data-driven insights, real-time feedback, and adaptive learning paths, machine learning can support both students and educators in ways that were once thought impossible.

In the past, educational reforms focused on improving curricula or teacher-student ratios, but many of these efforts still couldn't reach the core issue of individual learning differences. Machine learning offers a way to bridge this gap, allowing for the creation of intelligent systems that learn from student behavior, tailor lessons to their pace, and provide the right level of challenge at the right moment. By leveraging vast amounts of educational data, ML models can identify patterns, predict outcomes, and continuously adjust to the student's evolving needs. The result is a deeply personalized learning experience that puts the student at the center, empowering them to take control of their education.

As we stand on the cusp of an education revolution, the integration of machine learning into classrooms and learning environments is not just an enhancement—it's a game-changer. This article explores the exciting potential of machine learning in education, highlighting how it promises to create more personalized learning experiences, better outcomes, and a more inclusive approach to teaching. It also delves into the ways in which these technologies can help educators, students, and educational institutions adapt to the challenges of an increasingly complex world, ensuring that learners are not only prepared for today's jobs but also for the uncertain, rapidly changing future.

Ultimately, machine learning could be the key to transforming education from a generalized, one-size-fits-all approach into a highly individualized system that acknowledges and adapts to the unique needs of every student. By doing so, we are laying the groundwork for a new era in education—one where every student has the opportunity to succeed, excel, and realize their full potential.

Keywords: machine learning, educational technologies, personalized learning, data analysis, adaptive learning systems

Understanding Machine Learning and its Role in Education

Machine learning (ML) is a subset of artificial intelligence (AI) that enables systems to learn from data and improve over time without the need for explicit programming. In other words, ML allows systems to automatically identify patterns, make predictions, and adapt their behaviors based on the information they encounter. This ability to self-improve as more data is processed makes ML particularly powerful in a variety of fields, and education is one area where its impact is being increasingly felt.

At its core, ML relies on vast amounts of data to "train" algorithms. This training process allows the algorithm to make sense of complex data sets and use that understanding to make decisions or predictions. For instance, in a classroom setting, an ML model might analyze a student's past performance, engagement levels, and learning pace to develop a deeper understanding of how that student learns. It then uses that understanding to deliver personalized content that best supports the student's individual needs.

In the educational context, machine learning plays a significant role in creating adaptive learning environments. Traditional educational systems often use standardized methods that assume all students learn at the same pace and in the same way. However, this one-size-fits-all approach overlooks the diverse learning styles, strengths, and weaknesses of individual students. Machine learning, on the other hand, offers the flexibility to create tailored learning experiences that can address these differences. (Baker, & Yacef, 2009, p.15)

One of the key ways machine learning contributes to education is by enabling personalized learning experiences. For example, a learning management system powered by ML algorithms can assess how well a student is grasping specific concepts and adjust the level of difficulty accordingly. If a student is struggling with a particular topic, the system can provide additional resources, such as explanations, practice exercises, or videos, to help the student master the concept. Conversely, if a student is excelling, the system can present more challenging materials to keep them engaged and motivated.

Furthermore, ML is also highly effective in real-time feedback and assessment. Traditional grading systems often provide feedback only after the fact, which can delay the learning process and hinder a student's ability to improve. Machine learning models, however, can offer immediate feedback during the learning process, allowing students to understand their mistakes and make corrections in real time. This instant feedback loop helps students learn more efficiently, reinforcing correct concepts while addressing misunderstandings quickly.

Another area where machine learning is having an impact is in educational analytics. By analyzing large volumes of student data, such as test scores, assignments, and participation in class, ML algorithms can uncover patterns that might not be immediately apparent to human educators. For instance, ML models can help identify students who are at risk of falling behind, even before they themselves realize it, and recommend interventions. Teachers can use this data-driven insight to provide timely support, ensuring that no student is left behind. Additionally, this ability to analyze data helps schools and universities identify areas where the curriculum or teaching methods might need to be improved. (Chen, & Chen, 2017, p.171)

Moreover, machine learning algorithms are increasingly used in intelligent tutoring systems (ITS), which provide one-on-one learning experiences similar to traditional tutoring but on a much larger scale. These systems are capable of interacting with students in a conversational manner, answering questions, providing explanations, and offering personalized feedback. ITS platforms such as Carnegie Learning and Knewton are already using ML to provide tailored lessons, track student progress, and adjust the difficulty of tasks to ensure that students are continuously challenged at an appropriate level.

In addition to these applications, machine learning also holds promise in helping students develop valuable skills for the future. As the job market continues to evolve with automation and technological advances, students will need to be proficient in digital literacy and problem-solving. By learning to interact with ML-powered systems in the classroom, students can develop a deeper understanding of how these technologies work, giving them an edge in their future careers.

Furthermore, exposure to ML concepts and tools can also foster skills such as critical thinking, adaptability, and data analysis, which are essential in a rapidly changing job market.

In conclusion, machine learning is transforming education by offering personalized learning experiences, enhancing feedback mechanisms, and providing teachers with valuable insights into student progress. As the use of ML in education continues to grow, it has the potential to create more flexible, efficient, and inclusive learning environments that better meet the needs of every student. While challenges remain, such as ensuring data privacy and preventing algorithmic bias, the role of machine learning in shaping the future of education is undeniable. By embracing these advancements, we can move toward a future where education is more individualized, adaptive, and effective than ever before.

Personalized Learning: The Key to Student Success

Traditionally, education has followed a one-size-fits-all approach, where students progress through a standardized curriculum. However, this approach often overlooks the diverse needs, abilities, and learning styles of individual students. Machine learning offers a more personalized, adaptable learning experience that can cater to each student's unique strengths and weaknesses.

1. Adaptive Learning Platforms

One of the most notable applications of ML in education is adaptive learning systems. These platforms analyze students' progress and dynamically adjust the difficulty level, content, and teaching methods based on their needs. If a student is struggling with a particular topic, the system can offer additional practice or resources. On the other hand, if a student excels, the platform may introduce more advanced material to keep them engaged. (Heffernan, & Heffernan, 2014, p. 50)

For instance, platforms like Khan Academy or DreamBox Learning use ML algorithms to assess students' understanding in real-time and provide immediate feedback, ensuring that students are not left behind or bored with material that is too easy. This individualized approach can help foster a deeper understanding of subjects, allowing students to learn at their own pace.

2. Data-Driven Insights for Teachers

Machine learning doesn't just benefit students—it also supports teachers by providing valuable insights into student performance. By analyzing patterns in student data, ML tools can identify struggling students early on, allowing for timely interventions. Additionally, these systems can help teachers understand which areas of the curriculum need improvement and how to better engage their students.

For example, predictive analytics can forecast which students are at risk of falling behind and suggest targeted interventions. This approach allows teachers to focus their efforts on students who need the most support, optimizing both time and resources.

3. Automatic Grading and Feedback

Another area where machine learning enhances education is in grading and feedback. Teachers often spend a significant amount of time grading assignments, which can take away from their ability to provide personalized support. ML-based grading systems, such as Turnitin's GradeMark, use algorithms to evaluate assignments and provide detailed feedback on areas that need improvement.

These systems not only help teachers save time but also allow for more consistent and objective grading. Furthermore, they provide students with faster feedback, enabling them to identify and address mistakes before they become bigger issues.

Enhancing Engagement with Intelligent Tutoring Systems

Intelligent tutoring systems (ITS) are another application of ML that's revolutionizing education. These AI-driven platforms simulate one-on-one tutoring sessions by adapting to the learner's pace and providing personalized assistance. Unlike traditional tutoring, which may only be available to a limited number of students, ITS can be accessed by anyone, anywhere, anytime, ensuring that all students have access to high-quality learning resources.

A prime example is the use of natural language processing (NLP) in platforms like Coursera's AI-powered courses, which can analyze and respond to students' queries in real-time, helping them

navigate complex subjects. These systems are designed to mimic human tutors, offering tailored feedback and explanations based on a student's specific needs.(Li,& Lee, 2020,p. 470)

Preparing for the Future: Lifelong Learning and Skill Development

As the job market continues to evolve with automation and the rise of AI, the need for lifelong learning and continual skill development is becoming more critical. Machine learning can play a key role in fostering this mindset, ensuring that students not only acquire knowledge but also learn how to adapt to new technologies and challenges.

By incorporating ML into education, schools and universities can prepare students for the future by offering courses and resources that are constantly updated based on the latest industry trends. This approach helps students develop critical thinking, problem-solving, and technological skills that are essential in today's rapidly changing world.

Challenges and Ethical Considerations

While machine learning has great potential, there are also challenges and ethical concerns that must be addressed. One significant issue is data privacy. As ML systems collect vast amounts of data on students, it's essential to ensure that this data is protected and used responsibly. Transparency in how data is collected, stored, and analyzed will be crucial in maintaining trust between students, educators, and institutions.

Another challenge is the risk of bias in algorithms. Machine learning models are only as good as the data they are trained on, and if this data is biased, the outcomes may reinforce existing inequalities. Educators and developers must work together to ensure that ML systems are fair, inclusive, and accessible to all students, regardless of their background or abilities.

Conclusion

Machine learning is not merely a tool of convenience; it represents a paradigm shift in how we think about education. It empowers us to move away from rigid, standardized educational practices and toward a more individualized, dynamic learning experience. By leveraging adaptive learning platforms, intelligent tutoring systems, and data-driven insights, machine learning enables educators to tailor the learning process to the unique needs of each student. This has the potential to radically improve student outcomes, enhancing engagement and ensuring that students are not just passive recipients of information but active participants in their own learning journey.

The rise of machine learning in education offers a level of personalization that was once unimaginable. No longer are students bound by the pace of the class or limited by one-size-fits-all content. Instead, each learner has the opportunity to progress at their own speed, receiving tailored content, timely feedback, and individualized support. This fosters a more inclusive educational environment, where every student, regardless of background or ability, can thrive.

Moreover, the potential for machine learning to provide real-time, actionable insights for educators cannot be overstated. By equipping teachers with data on student performance, these technologies allow for quicker identification of struggles and gaps in understanding. This enables early intervention, ensuring that no student falls too far behind before support is offered. Educators can use these insights not only to adjust lessons but to make informed decisions about the most effective teaching methods and resources. As a result, the classroom becomes a more flexible, responsive space, allowing educators to focus their attention on where it's most needed.

In addition to enhancing the quality of learning in schools, machine learning also helps foster the skills needed in today's rapidly changing world. As automation, artificial intelligence, and digital tools continue to reshape industries, the ability to learn continuously and adapt to new technologies will be crucial. Machine learning models can help students develop critical thinking, problem-solving, and digital literacy skills that are essential in an increasingly complex world. By teaching students how to engage with these technologies and use them to their advantage, we can help them build the skills needed for success in the workforce of tomorrow.(West,2018,p.25)

However, as we embrace the benefits of machine learning in education, we must also acknowledge the challenges and ethical concerns that come with it. Issues such as data privacy, algorithmic bias, and access to technology must be carefully considered to ensure that the benefits of these innovations are shared equitably. The data collected through these systems must be handled

with the utmost care to protect students' privacy, and developers and educators must collaborate to ensure that these systems are free from biases that could perpetuate inequalities. Additionally, there must be a concerted effort to ensure that students from all backgrounds, including those with limited access to technology, can benefit from these advances.

In conclusion, the future of education is being redefined by machine learning. With its ability to deliver personalized, adaptive learning experiences, machine learning is not just a tool to improve existing practices but a powerful catalyst for creating a more flexible, inclusive, and effective education system. As we continue to innovate and refine these technologies, we must remain mindful of the ethical considerations, ensuring that machine learning in education benefits all students, regardless of their circumstances. By embracing this future, we have the opportunity to revolutionize education, making it more responsive, engaging, and ultimately more successful for every student, everywhere. The promise of personalized, technology-driven education is not a distant dream—it's a reality that is unfolding today, shaping the students of tomorrow.

References:

1. Anderson, C. A., & Dill, K. E. (2000). Video games and aggressive thoughts, feelings, and behavior in the laboratory and in life. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78(4), 772-790.
2. Baker, R. S., & Yacef, K. (2009). The state of educational data mining in 2009: A review and future visions. *Journal of Educational Data Mining*, 1(1), 3-17.
3. Chen, L., & Chen, C. (2017). Exploring personalized learning with machine learning methods. *Educational Technology & Society*, 20(3), 168-181.
4. Heffernan, N. T., & Heffernan, C. L. (2014). The ASSISTments project: Using an online system to support formative assessment and learning. *Yearbook of the National Society for the Study of Education*, 113(2), 37-61.
5. Li, S., & Lee, J. J. (2020). Enhancing learning outcomes using machine learning algorithms: Applications and challenges. *Journal of Educational Computing Research*, 58(3), 465-490.
6. West, D. M. (2018). The future of work: Robots, AI, and automation. *Brookings Institution Press*.

РЕЗЮМЕ

Машинное обучение в образовании: персонализированный подход для студентов будущего. С развитием технологий, в том числе машинного обучения, образование вступает в новую эру. Машинное обучение (МО) позволяет разрабатывать системы, которые анализируют данные о студентах и адаптируют образовательный процесс под их индивидуальные потребности. Это открывает новые возможности для создания персонализированных образовательных путей, что позволяет студентам учиться в соответствии с их темпом, уровнем подготовки и стилем восприятия информации.

Один из ключевых аспектов применения МО в образовании — это адаптивные обучающие платформы. Эти системы могут автоматически подстраиваться под нужды каждого учащегося, предоставляя ему необходимую информацию и помощь. Например, если студент сталкивается с трудностями в освоении материала, система может предложить дополнительные объяснения или задания для закрепления знаний. В то время как более успешные студенты могут пройти к более сложным задачам. Такой подход повышает эффективность обучения и способствует глубокому усвоению материала.

Также важным аспектом является возможность получения точной аналитики о прогрессе студентов, что помогает преподавателям принимать более обоснованные решения в процессе обучения. Однако внедрение МО в образовательные системы требует

внимания к вопросам конфиденциальности данных и этических аспектов. В будущем машинное обучение может стать важным инструментом для создания инклюзивных, гибких и эффективных образовательных систем.

Ключевые слова: машинное обучение, образовательные технологии, персонализированное обучение, анализ данных, адаптивные учебные системы

XÜLASƏ

Təhsildə Maşın Öyrənməsi: Gələcəyin Tələbəsi üçün Fərdi Yanaşma

Texnologiyanın, xüsusilə maşın öyrənməsinin inkişafı ilə təhsil yeni bir dövrə qədəm qoyur. Maşın öyrənməsi (MO) tələbə məlumatlarını təhlil edən və tədris prosesini onların fərdi ehtiyaclarına uyğunlaşdıran sistemlərin yaradılmasına imkan verir. Bu, hər bir tələbənin öz sürətinə, hazırlıq səviyyəsinə və məlumatları qavrayış stilinə uyğun fərdiləşdirilmiş təhsil yollarının yaradılması üçün yeni imkanlar açır.

MO-nun təhsildə tətbiqinin əsas aspektlərindən biri adaptiv tədris platformalarıdır. Bu sistemlər hər bir tələbənin ehtiyaclarına avtomatik uyğunlaşa bilər və ona lazım olan məlumat və köməkliyi təqdim edir. Məsələn, əgər tələbə müəyyən bir mövzuda çətinliklərlə üzləşirsə, sistem əlavə izahlar və ya tapşırıqlar təklif edə bilər. Daha uğurlu tələbələr isə daha mürəkkəb vəzifələrə keçə bilərlər. Bu yanaşma təhsilin effektivliyini artırır və mövzuların dərinləndirilməsini təmin edir.

Bundan əlavə, tələbələrin inkişafı haqqında dəqiq analitik məlumatların əldə edilməsi müəllimlərə tədris prosesi ilə bağlı daha əsaslı qərarlar qəbul etməyə kömək edir. Lakin MO-nun təhsil sistemlərinə tətbiqi məlumatların məxfiliyi və etik məsələlərə diqqət yetirilməsini tələb edir. Gələcəkdə maşın öyrənməsi inklüziv, çevik və effektiv təhsil sistemlərinin yaradılmasında mühüm alət ola bilər.

Açar sözlər: maşın öyrənməsi, təhsil texnologiyaları, fərdi təhsil, verilənlər analizi, adaptiv təhsil sistemləri

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СОВРЕМЕННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Н
У
Р
Дильбер Баширова
dilber.beshirli@gmail.com
K
Bakı Slavyan Universiteti, Bakı, Azərbaycan

N
Ключевые слова: Искусственный интеллект, образование, адаптивное обучение,
автоматизация, этика

"
Современные образовательные системы претерпевают значительные
изменения благодаря внедрению технологий искусственного интеллекта (ИИ).
Автоматизированные информационные системы, использующие ИИ, способствуют
оптимизации учебного процесса, персонализации обучения и повышению
эффективности взаимодействия между преподавателями и студентами. В данной
статье рассматриваются основные направления применения ИИ в образовании, его
преимущества, вызовы и перспективы развития.

d
Основные направления применения ИИ в образовании включают адаптивное
обучение, автоматизированное оценивание знаний, интеллектуальные
образовательные ассистенты и прогнозирование успеваемости студентов. Эти
технологии играют ключевую роль в модернизации образовательного процесса,
способствуя его персонализации, повышению эффективности и доступности.

g
Адаптивное обучение с использованием искусственного интеллекта позволяет
создавать индивидуальные образовательные траектории, анализируя данные о
прогессе студентов. Такие платформы, как Coursera и Duolingo, применяют
алгоритмы машинного обучения для подбора материалов, соответствующих уровню
знаний обучающихся (Luckin et al., 2016). Это помогает студентам получать учебные
ресурсы, наиболее подходящие их текущему уровню подготовки, что способствует
лучшему усвоению материала. Кроме того, адаптивные системы могут
подстраиваться под темп обучения каждого студента, предлагая дополнительные
объяснения или тестовые задания при необходимости.

n
Автоматизированное оценивание знаний также играет важную роль в
образовательном процессе. Использование ИИ для проверки тестов и эссе помогает
снизить нагрузку на преподавателей и минимизировать субъективный фактор при

оценке. Например, система E-rater, разработанная Educational Testing Service, анализирует тексты и оценивает их по ряду критериев, таких как грамматика, стиль и логика аргументации (Burstein et al., 2003). Это позволяет студентам получать мгновенную обратную связь о своих работах, а преподавателям — сосредоточиться на более сложных аспектах обучения, таких как развитие критического мышления.

Кроме того, интеллектуальные образовательные ассистенты, такие как IBM Watson и Google's Socratic, предоставляют студентам мгновенные ответы на вопросы, разъясняют сложные темы и рекомендуют дополнительные ресурсы (Kumar et al., 2021). Эти цифровые помощники могут функционировать в режиме реального времени, помогая студентам разбираться в сложных концепциях без необходимости ожидания ответа от преподавателя. Более того, такие технологии способствуют развитию самостоятельности обучающихся, побуждая их к активному поиску знаний и самостоятельному решению возникающих проблем.

Еще одной важной областью применения ИИ является прогнозирование успеваемости студентов. Анализ больших данных с использованием искусственного интеллекта помогает выявлять учащихся, которые могут испытывать трудности с обучением, и своевременно предоставлять им необходимую поддержку (Zawacki-Richter et al., 2019). Системы прогнозирования позволяют образовательным учреждениям разрабатывать стратегии раннего вмешательства, такие как индивидуальные консультации, дополнительные занятия или психологическая поддержка, что в конечном итоге снижает уровень отсева студентов.

Таким образом, применение ИИ в образовании открывает широкие возможности для совершенствования учебного процесса. Внедрение адаптивных технологий, автоматизированного оценивания, интеллектуальных ассистентов и систем прогнозирования делает образование более доступным, эффективным и ориентированным на потребности каждого учащегося.

Внедрение искусственного интеллекта в образовательный процесс предоставляет множество преимуществ, способствуя повышению качества обучения, оптимизации работы преподавателей и созданию более доступной образовательной среды. Среди ключевых преимуществ можно выделить персонализацию обучения, экономию времени преподавателей и повышение доступности образования.

Одним из самых значительных достоинств применения ИИ является персонализация обучения. Искусственный интеллект адаптирует содержание курса под индивидуальные потребности учащихся, анализируя их успехи, уровень подготовки и стиль обучения. Это позволяет студентам осваивать материал в удобном для них темпе, не перегружая себя лишней информацией или, наоборот, не чувствуя нехватки сложных задач. Благодаря адаптивным образовательным платформам

каждый обучающийся получает персонализированный маршрут обучения, что повышает эффективность усвоения знаний и мотивацию к учебе.

Еще одним важным преимуществом является экономия времени преподавателей. Автоматизация рутинных задач, таких как проверка тестов, оценка эссе и ведение административной работы, позволяет преподавателям сосредоточиться на более важных аспектах обучения – разработке учебных программ, проведении дискуссий и индивидуальной работе со студентами. Например, интеллектуальные системы могут автоматически проверять работы, анализировать ошибки учащихся и предоставлять детализированную обратную связь. Это значительно сокращает нагрузку на педагогов и улучшает качество преподавания.

Кроме того, ИИ значительно способствует повышению доступности образования. Интеллектуальные системы могут помочь студентам с ограниченными возможностями, предоставляя альтернативные форматы обучения. Например, голосовые помощники помогают людям с нарушениями зрения воспринимать текстовую информацию, а автоматизированные субтитры упрощают процесс обучения для слабослышащих студентов. Также искусственный интеллект может переводить учебные материалы на разные языки, обеспечивая доступ к знаниям для учащихся со всего мира, независимо от их родного языка.

Таким образом, применение ИИ в образовании делает учебный процесс более гибким, доступным и эффективным. Персонализированные учебные программы, снижение нагрузки на преподавателей и инклюзивность образовательной среды – это лишь часть преимуществ, которые искусственный интеллект привносит в современную образовательную систему.

Несмотря на многочисленные преимущества, внедрение искусственного интеллекта в образовательный процесс сопровождается рядом вызовов и ограничений. Эти трудности касаются как этических аспектов, так и вопросов доверия к технологии, а также технических и инфраструктурных барьеров, которые могут замедлить распространение ИИ в учебных заведениях.

Одной из главных проблем является этический аспект, связанный с обработкой персональных данных учащихся. Искусственный интеллект собирает и анализирует большое количество информации о студентах, включая их академическую успеваемость, стиль обучения и даже поведенческие особенности. Это требует строгого регулирования, защиты данных и соблюдения конфиденциальности, чтобы исключить возможность утечек информации или её неправомерного использования. Образовательные учреждения должны следить за соблюдением международных стандартов кибербезопасности и применять надежные механизмы шифрования данных.

Еще одним значительным вызовом является проблема доверия. Студенты и преподаватели должны быть уверены в корректности работы алгоритмов, особенно когда речь идет об оценке знаний или выдаче рекомендаций. Ошибки в работе ИИ могут привести к несправедливым результатам или даже демотивации учащихся. Поэтому важно регулярно тестировать и обновлять алгоритмы, обеспечивая их прозрачность и точность. Кроме того, необходимо разрабатывать механизмы, позволяющие преподавателям вмешиваться в процесс принятия решений, если возникают сомнения в корректности работы ИИ.

Наконец, значительное препятствие представляет технический барьер. Не все образовательные учреждения обладают необходимыми ресурсами для внедрения искусственного интеллекта. Развитие и поддержка ИИ-систем требуют мощных вычислительных мощностей, современных программных решений и обученного персонала, способного эффективно использовать эти технологии. В условиях недостаточного финансирования или слабой технической инфраструктуры многие школы и университеты могут столкнуться с трудностями при внедрении таких систем. В результате возникает риск увеличения разрыва между образовательными учреждениями, которые могут позволить себе передовые технологии, и теми, кто ограничен в ресурсах.

Таким образом, несмотря на огромный потенциал ИИ в образовании, его внедрение требует комплексного подхода, который учитывает вопросы безопасности, доверия и доступности технологий. Решение этих проблем позволит максимально эффективно использовать возможности искусственного интеллекта и создать более инновационную образовательную среду.

Литература

1. Burstein, J., Chodorow, M., & Leacock, C. (2003). Criterion: Online essay evaluation. *Journal of Second Language Writing*, 12(3), 211-238.

umar, V., Jha, S., & Saha, P. (2021). Artificial Intelligence in Education: Applications and Challenges. *Journal of Artificial Intelligence*, 5(1), 1-10.

McKin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). Intelligence Unleashed: The Potential of Artificial Intelligence in Education. *McKinsey Quarterly*, 2016(3), 1-10.

Lawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of the use of artificial intelligence in education: A case study in language learning. *Computational Intelligence*, 35(1), 1-10.

С

h

a

h

Xülasə

Süni intellekt müasir təhsil sistemində inqilabi dəyişikliklər yaradır, öyrənmə prosesini fərdiləşdirir və avtomatlaşdırır. Süni intellekt əsaslı informasiya sistemləri tələbələrin bilik səviyyəsinə uyğun fərdi öyrənmə trayektoriyalarını müəyyən edir, müəllimlərin iş yükünü azaldır və təhsili daha əlçatan edir. Bununla yanaşı, İT infrastrukturunun inkişafı, məlumat təhlükəsizliyi və etik məsələlər kimi çətinliklər də mövcuddur. Bu tədqiqat süni intellektin təhsildə tətbiqinin üstünlüklərini və çağırışlarını təhlil edir, həmçinin onun effektiv istifadəsi üçün vacib şərtləri müəyyənləşdirir. İnnovativ yanaşmaların və müasir texnologiyaların integrasiyası təhsilin keyfiyyətini artıraraq gələcək nəsillər üçün daha səmərəli öyrənmə mühiti yarada bilər.

Açar sözlər: *Süni intellekt, təhsil, adaptiv öyrənmə, avtomatlaşdırma, etika*

Summary

Artificial intelligence is revolutionizing modern education by personalizing and automating learning processes. AI-powered information systems create individualized learning trajectories based on students' knowledge levels, reduce teachers' workload, and enhance accessibility in education. However, challenges such as IT infrastructure development, data security, and ethical concerns remain significant. This study analyzes the benefits and challenges of AI implementation in education and outlines the key conditions for its effective use. The integration of innovative approaches and modern technologies can improve the quality of education and create a more efficient learning environment for future generations.

Keywords: *Artificial intelligence, education, adaptive learning, automation, ethics*

DISCRETE COGNITION AND DIGITAL CONSCIOUSNESS IN THE DEVELOPMENT OF ENGLISH DISCOURSE COMPETENCE AMONG STUDENTS

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17515861>

Nushaba Abdulrahimova

Nushaba.azizova@mail.ru

Azerbaijan University of Languages, Baku, Azerbaijan

The rapid advancement of artificial intelligence (AI) and digital tools has significantly influenced the way foreign languages are taught and learned. In this evolving educational landscape, the mental framework known as discrete thinking, along with the rising concept of digital consciousness, has become increasingly important in shaping how students develop proficiency in English discourse (Gee, 2003, p. 20; Lantolf & Thorne, 2006, p. 33).

Keywords: *Cognitive Approach, Digital Consciousness, Language Learning, Discrete Thinking, Discourse Competence*

The Role of Discrete Thinking in Language Learning:

Discrete thinking is a cognitive approach that involves analyzing information by breaking it down into distinct, manageable components. In language education, this method aligns with traditional instructional techniques, where learners are introduced to elements like grammar, vocabulary, phonetics, and sentence structure in a step-by-step, compartmentalized manner. This segmented approach is also reflected in digital language-learning platforms, which commonly feature tools such as flashcards, interactive grammar drills, vocabulary banks, and automated feedback systems (Van Der Veen & Van Hout-Wolters, 2011, p. 255). Such cognitive strategies—including discrete thinking—are instrumental in enhancing students' performance in tasks involving writing and structured communication, directly impacting their ability to express ideas effectively in English (Thornbury, 2005, p. 40).

In discourse-focused English instruction, discrete thinking enables students to analyze and organize texts by identifying key components, such as thesis statements, supporting arguments, and cohesive transitions. This analytical capability proves valuable in both receptive skills (like reading and listening) and productive skills (such as writing and speaking). For instance, students trained in this method are better equipped to dissect the structure of a persuasive essay and replicate similar rhetorical strategies in their own compositions (Lantolf & Thorne, 2006, p. 40). The theoretical insights provided by researchers like Lantolf and Thorne offer a sociocultural lens through which discrete cognitive strategies can be understood within the broader framework of language development.

Digital Consciousness in Language Learning:

Digital consciousness represents a learner's awareness, adaptability, and identity within the digital learning environment. This concept extends beyond digital literacy, encompassing critical engagement with online content, proficiency in navigating various multimedia platforms, and the ability to communicate effectively through technologically mediated channels. In contemporary classrooms, digital consciousness is nurtured through the integration of AI-driven tools, social media, educational games, blogs, podcasts, and interactive discussion forums (Gee, 2003, p. 21). This process explores the connection between digital literacy, cognition, and language learning, which provides a foundation for understanding how digital tools and platforms affect discourse skills.

AI technologies significantly contribute to the personalization of language learning by adapting to students' learning styles, emotional responses, and cognitive preferences. These systems can dynamically modify content difficulty, simulate human-like conversations with contextual sensitivity, and foster immersive, adaptive learning experiences (Kern, 2014, p. 5). Additionally, digital tools promote multimodal literacy, requiring learners to consider tone, audience, and coherence when composing digital texts such as blogs or discussion posts—key components of effective discourse skills. Through continuous feedback mechanisms, digital platforms also enhance metacognitive awareness, encouraging learners to engage in iterative improvement processes. As a result, students not only develop linguistic accuracy but also refine their ability to produce communicatively effective and culturally nuanced discourse (Van Der Veen & Van Hout-Wolters, 2011, p. 256).

Integration of Cognitive and Digital Frameworks:

The confluence of discrete thinking and digital consciousness offers a robust pedagogical framework for enhancing discourse competence. When students analyze digital texts—ranging from social media interactions to academic articles—they employ both analytical reasoning and digital literacy skills. This dual engagement allows them to identify language patterns, rhetorical structures, and contextual cues in authentic communicative scenarios (Thornbury, 2005, p. 45). Corpus-based learning platforms further support this integration by enabling learners to examine recurrent collocations, sentence frames, and discourse markers commonly found in various genres of writing. Here, discrete thinking aids in the parsing and classification of linguistic data, while digital consciousness facilitates its application in dynamic, real-world communication contexts (Kern, 2014, p. 6).

Pedagogical Implications and Practical Strategies:

To cultivate students' English discourse abilities effectively, educators must purposefully design curricula that blend cognitive strategies with digital learning experiences. Suggested practices include:

1. **Textual Analysis:** Encouraging students to dissect model texts to identify key discourse features.
2. **Collaborative Writing:** Utilizing online platforms to promote peer collaboration and feedback.
3. **Reflective Practice:** Incorporating digital journals, vlogs, or learning portfolios to support metacognitive reflection.

Moreover, instructors should exemplify discrete analytical techniques while guiding learners through meaningful digital communication tasks. This dual approach not only enhances linguistic autonomy and critical thinking but also prepares students for authentic communicative scenarios in academic and professional settings.

Challenges and Considerations in Digital Language Education:

Despite the advantages offered by digitalization, there are notable challenges to consider. Digital distractions, such as social media and entertainment apps, may disrupt focus and reduce the effectiveness of learning activities. Therefore, intentional and goal-oriented use of digital tools is imperative. In this case, instructors' supervision plays a crucial role in the academic process.

Another significant concern is the digital divide, which highlights disparities in access to technology and reliable internet connectivity. This inequality disproportionately affects learners in remote or under-resourced regions, potentially limiting their engagement with digital learning opportunities and hindering discourse development (Kern, 2014, p. 7). Furthermore, an overdependence on digital communication may diminish students' exposure to face-to-face interactions. Non-verbal cues, interpersonal dynamics, and spontaneous dialogue—integral components of communicative competence—are often underrepresented in digital environments, emphasizing the need for a balanced instructional approach.

Furthermore, the integration of these cognitive and digital frameworks provides a comprehensive foundation for fostering critical thinking, creativity, and cultural awareness in language learners. As students engage with digital tools and develop analytical thinking, they are better equipped not only to navigate linguistic structures but also to communicate effectively across diverse digital platforms. This process, which includes both reflective and interactive components, encourages learners to explore language use in real-world contexts, enhancing their ability to adapt to various communicative situations. The synergy between discrete thinking and digital consciousness ultimately prepares students to meet the evolving challenges of global communication, ensuring their success in an increasingly interconnected world. Moving forward, it will be crucial for educators to remain flexible and responsive to technological advancements while maintaining a focus on cultivating these essential skills for future generations of language learners. As digital innovations continue to evolve, ongoing research and adaptive pedagogy will be essential to fully leverage their potential in discourse-based language instruction (Gee, 2003, p. 20; Kern, 2014, p. 8).

In conclusion, the cultivation of English discourse skills is based on the synthesis of discrete cognitive strategies and digital awareness. Discrete thinking equips learners with the analytical tools necessary to deconstruct and construct coherent texts, while digital consciousness situates these skills within a technologically rich and contextually relevant learning environment. Together, these frameworks support a holistic approach to language education, aligning with the demands of the 21st century. As digital innovations continue to evolve, ongoing research and adaptive pedagogy will be essential to fully leverage their potential in discourse-based language instruction (Gee, 2003, p. 20; Kern, 2014, p. 8).

REFERENCES:

1. Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. Computers in Entertainment (CIE), 1(1), 20-20. <https://doi.org/10.1145/950566.950595>
2. Kern, R. (2014). Technology and language learning: Advancing the research agenda. *Language Learning & Technology*, 18(1), 1-9. <https://doi.org/10.125/44471>
3. Lantolf, J. P., & Thorne, S. L. (2006). *Sociocultural theory and the genesis of second language development*. Oxford University Press.
4. Thornbury, S. (2005). *How to teach speaking*. Pearson Longman.
5. Van Der Veen, R., & Van Hout-Wolters, B. (2011). The role of cognitive and metacognitive skills in learning to write in a foreign language. *Learning and Instruction*, 21(2), 251-261. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.03.006>

Diskret Düşüncə və Rəqəmsal Şüurun Tələbələrin İngilis Dilindəki Diskurs Bacarıqlarının İnkişafında Rolu

Bu məqalə, süni intellekt (SI) və rəqəmsal vasitələrin xarici dilin tədrisindəki rolunu araşdırır. Araşdırmada İngilis dilində diskursu inkişaf etdirilməsi üçün vacib olan iki əsas konsepsiya təhlil olunur: "diskret düşüncə" və "rəqəmsal şüur". Diskret düşüncə, məlumatı daha kiçik və idarəolunan hissələrə ayıraraq analiz etməyə əsaslanan bir yanaşmadır. Bu yanaşma dil öyrənmə prosesində qrammatika, leksika, fonetika və cümlə quruluşu kimi komponentləri sistemli şəkildə öyrənməyə kömək edir. Eyni zamanda, rəqəmsal tədris alətləri, məsələn, interaktiv qrammatik çalışmalar, lüğət proqramları, oyun tətbiqləri və s. diskret düşüncə yanaşması nəticəsində tətbiq olunur.

Rəqəmsal şüur isə tələbələrin rəqəmsal mühitdəki şüurluluğunu, adaptasiyasını və kimliyini əks etdirir. Bu anlayış rəqəmsal savadlılıqdan daha genişdir və onlayn məzmunla tənqidi münasibət, müxtəlif multimedia platformalarında işləmə bacarığı və texnologiya vasitəsilə effektiv ünsiyyət qurma qabiliyyətini əhatə edir. Rəqəmsal alətlər, tələbələrə fərdi öyrənmə təcrübələri təqdim edərək, onların dil bacarıqlarını inkişaf etdirir. Diskret düşüncə və rəqəmsal şüurun integrasiyası, dil öyrənmə mühitində tələbələrin diskurs bacarıqlarını inkişaf etdirmək üçün güclü bir yanaşma təklif edir. Nəticədə, hər iki anlayış dil təhsilinin 21-ci əsr tələblərinə uyğunlaşdırılmasını və nəticəyönümlü tədrisi həyata keçirir.

Açar sözlər: *Kognitiv Yanaşma, Rəqəmsal Şüur, Dil Öyrənilməsi, Diskret Düşüncə, Diskurs Bacarığı*

Роль дискретного мышления и цифрового сознания в развитии дискурсивных компетенций у студентов английского языка

Статья исследует влияние искусственного интеллекта (ИИ) и цифровых инструментов на процесс обучения иностранным языкам. Автор рассматривает два ключевых аспекта, которые влияют на развитие дискурсивной компетенции студентов по английскому языку: "дискретное мышление" и "цифровое сознание". Дискретное мышление — это когнитивный подход, заключающийся в разбиении информации на отдельные, легко усвояемые части. В контексте обучения языкам этот подход помогает студентам системно изучать грамматику, лексику, фонетику и структуру предложений. Современные цифровые образовательные платформы, такие как интерактивные упражнения по грамматике, лексические базы данных и автоматическая обратная связь, поддерживают дискретное мышление.

Цифровое сознание касается осознания и адаптации студентов к цифровой образовательной среде. Это понятие выходит за рамки просто цифровой грамотности и включает в себя критическое восприятие онлайн-контента, умение работать с различными мультимедийными платформами и способность эффективно общаться через цифровые каналы. Интеграция дискретного мышления и цифрового сознания в обучении помогает студентам развивать как аналитические, так и цифровые навыки. Эти подходы способствуют более глубокому пониманию языка и улучшению дискурсивных навыков. В заключение, автор подчеркивает важность использования инновационных технологий в образовательном процессе и необходимости комплексного подхода к обучению, который соответствует требованиям XXI века.

Ключевые слова: *Когнитивный подход, Цифровое сознание, Изучение языка, Дискретное мышление, Компетенция в дискурсе*

KALKA YOLU İLƏ AZƏRBAYCAN DİLİNƏ KEÇƏN RƏQƏMSAL TƏHSİL TERMINLƏRİ VƏ ONLARIN TƏTBİİQ SAHƏLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17515874>

Əfsanə Həziyeva

afsana.haziyeva@azmiu.edu.az

<https://orcid.org/0000-0001-5635-7533>

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Univertsiteti

Bakı, Azərbaycan

Açar sözlər : innovativ texnologiyalar, çevrilmiş sinif, modernləşmə ,kalka, davamlılıq resurslara qənaət, rəqəmsal təhsil

Elm və texnikanın sürətli inkişafı müasir dövrdə dövlətlər arasında qlobal rəqabət qabiliyyətinin artırılmasına səbəb olmuşdur ki, bu da birbaşa dövlətlərin yüksək potensiala məxsus insan kapitalının səviyyəsi əlaqələndirilə bilər. İnkişaf etmiş ölkələrin təcrübələrinə nəzər yetirsək müəyyən edə bilərik ki, böyük intellektual bazası olan və yüksək yaradıcı düşüncə qabiliyyətinə malik olan insan resurslarının mövcudluğu bilik və innovasiyaya əsaslanan iqtisadiyyatın qurulması üçün əsas amildir. Yəni, savadlı, təhsilli, bazanın olması bir ölkələrin iqtisadiyyatında və cəmiyyətin inkişafına təsir edən əsas aparıcı qüvvə hesab edilir. Başqa sözlə desək, insan kapitalının səviyyəsinin artırılmasına yönəlmiş islahatlar dövlətin qlobal rəqabət qabiliyyətinin daha da güclənməsinə gətirib çıxarır (OECD, 16 April 2025). Bu səbəbdən, ölkələr müasir təhsil siyasətlərini gücləndirmək məqsədilə, ölkədəki gəncləri müasir dünyanın tələblərinə uyğun şəkildə yetişdirməyə çalışırlar. Gənclərin yeni bilik və bacarıqlara sahib olması birbaşa yeni texnologiyaların müxtəlif elm sahələrində tətbiqi ilə əlaqədardır. Təhsil sahəsində yeni texnologiya və metodologiyanın tətbiqi də əlbəttə ki, bu sahəyə aid yeni terminlərin yaradılmasına və adaptasiyasına yol açdı. Bu da öz növbəsində təhsil sistemlərinin bir-biri ilə daha sıx əlaqəyə girməsinə şərait yaradır və yeni təhsil metodologiyalarının və texnologiyalarının tətbiqi ilə əlaqəli yeni terminlərin formalaşmasına səbəb olur. XXI əsrdə texnoloji tərəqqi təhsil sahəsində dərin islahatlara səbəb olmuşdur. Kompüterlərin, interaktiv lövhələrin, virtual reallığın və digər rəqəmsal alətlərin inkişafı və tədris sahəsində integrasiyası nəticəsində yeni anlayış və terminlər meydana çıxmış və bu terminlərin çoxu dilimizə kalka üsulu ilə daxil olmuşdur.

Kalka üsulu – başqa dildəki söz və ya ifadənin struktur modelini qoruyaraq, onu ana dilinin elementləri ilə tərcümə etmək metodudur. S. Sadıqovanın fikrinə əsasən, ictimai, elmi və texnoloji sahələrdəki yeniliklər terminoloji leksikaya birbaşa təsir göstərir və yeni sözlərin

yanmasına səbəb olur (Sadıqova, s.85). Yeni texnologiyalarla bağlı anlayışların dilimizə keçməsi də məhz bu mexanizm əsasında baş verir.

Kalkalaşdırma prosesi həm semantik (məna) baxımından, həm də struktur (formalaşma) baxımından təhlil oluna bilər. Semantik baxımdan, bu terminlər öz funksiyalarını saxlayaraq, müəyyən bir texnoloji və ya pedaqoji anlayışı ifadə edir. Struktural baxımdan isə, termin yarandığı dildəki model əsasında qurulur. Yəni, Azərbaycan dilinin terminologiyasının kalka yolu ilə zənginləşməsində leksik, morfoloji, sintaktik üsullardan istifadə olunur. Dilimizə kalka yolu ilə daxil olan terminlər arasında sintaktik kalkalar say etibarı ilə üstünlük təşkil edir və quruluş özünəməxsusluğuna görə seçilir.

Təhsil sahəsində yeni daxil olan terminlərə misal olaraq **“rəqəmsal təhsil”** (digital education), **“onlayn təhsil”** (online learning), **“bulud texnologiyası”** (cloud technology), **“təlim platforması”** (learning platform), **“ağıllı sinif”** (smart classroom), **“dərin öyrənmə”** (deep learning) göstərmək olar ki bu terminlərin dilimizə inteqrasiyası zamanı məhz kalka üsulundan istifadə olunmuşdur. Bu terminlər dilin morfoloji və sintaktik qaydalarına uyğun olaraq kalka olunur.

Bu nümunələrə daha yaxından nəzər yetirək.

Rəqəmsal təhsil (Digital education): mənbə dildə bu termin aşağıdakı kimi izah olunur

The Digital Education Action Plan (2021-2027) is a renewed European Union (EU) policy initiative that sets out a common vision of high-quality, inclusive and accessible digital education in Europe, and aims to support the adaptation of the education and training systems of Member States to the digital age.(Digital Education Action Plan (2021-2027),23 November 2023)

Azərbaycan elmi və media diskursunda: **Rəqəmsal Təhsil** Resursu - Rəqəmsal formada saxlanılan və ötürülən məlumatların tədris resursu. Bütün rus məktəblərini İnternetə birləşdirən **“Təhsil”** layihəsi çərçivəsində bütün təhsil müəssisələri üçün təhsil internet resursları hazırladı,(Azedu, 20 May 2021)

Bu sintaktik kalka iki komponentdən ibarətdir.

1. **“Rəqəmsal”** (digital) - (ikili, adətən 0 və 1) verilənlərin saxlanması mənasını bildirir. (<https://sozluk.obastan.com/r%C9%99q%C9%99msal>)

2. **“Təhsil”** (education) Təhsil öyrənmənin, yaxud başqa sözlə bilik, bacarıqlar, dəyərlər, inanclar və vərdislər qazanılmasının asanlaşdırılması prosesidir. Təhsil metodlarına hekayə danışma, müzakirə, öyrətmə, təlim vermə və birbaşa araşdırma daxildir(Vikipediya, Təhsil). Bu sintaktik kalka **“Rəqəmsal təhsil”** - sifət + isim strukturu əsasında üzünü köçürmə üsulu ilə dilimizə keçmişdir.

Onlayn öyrənmə (Online learning): İnternet vasitəsilə məsafədən təhsil alma prosesini ifadə edir.

1. **“Onlayn”** (online) fonetik adaptasiyalı alınma formatı kimi işlənib.

Birbaşa, canlı. İnformasiya-kommunikasiya texnologiyalarında (İKT) açıq xətt, canlı xətt, internet üzərindən açıq xətt mənasını bildirir. (<https://sozluk.obastan.com/onlayn>)

2. “**Öyrənmə**” (learning) bilik və bacarıqların mənimsənilməsi prosesinə aid mənanı ifadə edir. Bu iki komponent birlikdə “**Onlayn öyrənmə**” termini internet üzərindən həyata keçirilən tədris və ya bilik əldə etmə prosesi mənasını verir. Burada “onlayn” komponenti məkan və texnologiya fərqlərini, “öyrənmə” isə prosesin mahiyyətini açıqlayır.

“Onlayn öyrənmə” → Sifət + isim

Cloud computing (Bulud hesablaması) terminində ikinci komponent öz real mənə semantikasına uyğun anlam kəsb edir və bu semantik, ümumilikdə termin-söz birləşmənin aid olduğu sahəni termin inventarında yer alır. Digər komponent isə artıq özünün təcrid olunmuş, daha dəqiq desək, bu situasiyaya nəzərən deyə bilərik ki, metaforikləşmiş anlamında təmsil olunmuşdur.

Bulud hesablamasının təmin etdiyi qabaqcıl virtuallaşdırma texnologiyaları sürətlə inkişaf edən bizneslərə səmərəlilik, çeviklik və miqyaslılıq kimi bir çox infrastruktur imkanları təqdim edir. (İSİ, 01.02.2023) Bu termin mənbə dilin müxtəlif diskurslarında geniş formada işləklilik qazanmışdır:

*The expression **cloud computing** became more widely known in 1996 when Compaq Computer Corporation drew up a business plan for future computing and the Internet. The company's ambition was to supercharge sales with "cloud computing-enabled applications". The business plan foresaw that online consumer file storage would likely be commercially successful. As a result, Compaq decided to sell server hardware to internet service providers.* (Mosco, Vincent (2015).

Təlim platforması (Learning platform): Rəqəmsal təhsilin təşkili üçün istifadə olunan proqram təminatları (məsələn, Moodle, Google Classroom, Microsoft Teams), təlimin planlaşdırılması, qiymətləndirilməsi və resurs mübadiləsi üçün imkanlar yaradır.

Ağıllı sinif (Smart classroom): İKT vasitələri ilə təchiz olunmuş siniflər. İnteraktiv lövhələr, planşetlər, proyektorlar və ağıllı tətbiqlər vasitəsilə dərs prosesinin daha əyani və dinamik şəkildə təşkili mümkündür.

Dərin öyrənmə (Deep learning): Süni intellekt və maşın öyrənməsi sahələrinə aid olan bu anlayış, avtomatlaşdırılmış alqoritmlər vasitəsilə öyrənmə proseslərinin təhlilinə və inkişafına imkan verir. Təhsildə fərdi tədris modellərinin yaradılmasında və qiymətləndirmədə tətbiq olunur.

Bütün sadaladığımız terminlərin tətbiq sahələri aşağıdakı kimi təsnif oluna bilər

Kalka terminlərinin praktik istifadəsi geniş miqyaslıdır və təhsil sisteminin bütün pillələrinə şamil olunur:

Ali təhsil pilləsində yəni, Universitetlərdə LMS (Learning Management Systems) sistemləri tətbiq etməklə dərs materiallarının yayımı, tapşırıqların verilməsi və tələbələrin fəaliyyətinə nəzarət işlərini avtomatlaşdırır. Onlayn magistr və mikrosertifikat proqramları

vasitəsilə rəqəmsal təhsilin genişlənməsinə vüsət verir.(Təhsilin İdarə Edilməsi Sistemi<https://az.martech.zone/acronym/lms/>)

Orta təhsil pilləsində də həmçinin **Ağıllı sinif** konsepti çərçivəsində interaktiv lövhələr, şagird planşetləri və rəqəmsal qiymətləndirmə sistemləri geniş formada tətbiq edilir ki bu da birbaşa dərs keyfiyyətinin artırılmasına. Müasir sinif otaqları həm də tələbələri daha səmərəli öyrənə bilmələri üçün ən son texnologiya ilə təmin edən yerlərdir. Buna görə də ağıllı sinif otaqları tələbələrin dərsdə olduqları müddətdə dərslərinə daxil olmalarını asanlaşdırmaq üçün audio-vizual nəzarət sistemlərindən istifadə edin. (Ağıllı Sinif Həlləri: 29 sentyabr)

Müəllim hazırlığı: Müəllimlərin peşəkar inkişafı üçün keçirilən onlayn treninqlər və vebinarlar zamanı “rəqəmsal pedaqogika”, “hibrid təlim”, “tədris analitikası” kimi terminlər aktiv şəkildə işlədilir.

Fərdi tədris platformaları (Coursera, edX, Udemy və s.) vasitəsilə istənilən yaş və ixtisas sahəsi üzrə yeni bilik və bacarıqlar əldə etmək mümkündür. Mikrosertifikat proqramları əmək bazarında rəqabət qabiliyyətini artırmaq məqsədilə geniş tətbiq olunur.

Terminlər təhsildə yeni texnoloji tendensiyaları və anlayışları dərk etməyə şərait yaradır və müxtəlif dillər arasında körpü rolunu oynayır. Terminoloji inventarın komponentlərinin dəqiqliyi yəni dilin daxili qanunauyğunluğuna əsasən kalka yolu ilə mənimsənilməsi, yeni terminoloji inventarın dilə anlaşılan formada integrasiyası sayəsində həm o sahənin peşəkarları, həm də geniş ictimaiyyətin bu anlayışları asanlıqla mənimsəməsinə imkan yaratmış olur. Ağıllı qiymətləndirmə sistemləri, rəqəmsal sinif otaqları və ağıllı sinif kimi innovativ texnologiyaların təhsilə integrasiyası təkcə təhsili metodlarını dəyişdirmək və inkişaf etdirməyə xidmət etmir, həmçinin global dünyanın davamlı inkişaf məqsədlərinə nail olmaq üçün əhəmiyyətli bir fürsətdir. Bu cür texnologiyalar insanların sosial integrasiyasına, iqtisadi səmərəliliyin əldə edilməsinə və hətta təhsil kontekstindən kənarda da ətraf mühitin qorunmasına kömək edə bilər.

Dil, cəmiyyətin inkişaf dinamikası ilə paralel şəkildə dəyişir və zənginləşir. Qloballaşan dünyada və rəqəmsal texnologiyaların inkişafı ilə əlaqədar müxtəlif tədris sahələrinə tətbiqi bu dəyişikliklər daha intensiv və sistemlik xarakter almışdır. Bu da öz növbəsində dilimizə yeni terminlərin integrasiyasını və onların adlandırılmasını labüd edir. Bu terminlər kalka yolu ilə dilimizə daxili qanunlarına uyğun olaraq terminoloji sistemimizə daxil olur. Rəqəmsal təhsili ifadə edən terminləri yalnız yeni texnologiyaları ifadə etmir, həm də pedaqoji mühitin yenilənməsi və müasir təlim metodlarının mənimsənilməsində vasitə rolunu oynayır.

Bu terminlər leksik və semantik baxımdan həm dilin inkişafına, həm də təhsil sisteminin rəqəmsal transformasiyasına mühüm rol oynayır. Yeni texnologiyaların tətbiqi gənclərə yeni bilik və bacarıqlar qazandırmaqla, onların daha da inkişaf etməsinə şərait yaradır.

ƏDƏBİYYAT

1. Ağıllı Sinif Həlləri: Müasir Öyrənmə üçün İntegrasiya Texnologiyası 29 sentyabr, 6 <https://qnextech.com/az/blog/smart-classroom-solutions-integrating-technology-for-modern-learning/>
2. Bulud hesablama (Cloud Computing) nədir? İSİ, 01.02.2023) <https://isi.az/az/news/3495>
3. Dictionary, Cambridge(<https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/database>)
4. Digital Education Action Plan (2021-2027) <https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/action-plan> 23 November 2023)
5. <https://sozluk.obastan.com/r%C9%99q%C9%99msal>)
6. Mosco, Vincent (2015). *To the Cloud: Big Data in a Turbulent World*. Taylor & Francis. p. 15. ISBN 9781317250388.-link https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing#cite_note-6
7. OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) təhsilin inkişafı və iqtisadiyyatla əlaqəsi haqqında hesabatlar təqdim edir <https://www.oecd.org>
8. Öyrənməyin yolları çoxdur, Elmi pedaqoji jurnal (<https://as-journal.edu.az/oyrƏnmƏyin-yollari-coxdur>)
9. Rəqəmsal təlim texnologiyaları-Rəqəmsal təhsil haqqında abstraktlar 20 May 2021<https://azedu.az/news/43607/>
10. Sadıqova, S. Müasir Azərbaycan ədəbi dilində termin yaradıcılığı prosesi / S. Sadıqova. – Bakı: Elm, – 2010, – 244 p page 85
11. Simon Whitemore, "The Origins of Blended Learning," 27 June 2023.
12. Sözlük obastan(<https://sozluk.obastan.com/onlayn>
13. Təhsil vikipediya(<https://az.wikipedia.org/wiki/T%C9%99hsil>
14. Təhsilin İdarə Edilməsi Sistemi<https://az.martech.zone/acronym/lms/>)
15. The Journal of Strategic Information Systems, 2019 <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/developed-country>

CALQUED DIGITAL EDUCATION TERMINOLOGY IN THE AZERBAIJAN LANGUAGE AND ITS FIELDS OF APPLICATION

Abstract: This article deals with digital education terms transferred to the Azerbaijan language through calquing and their fields of application. Due to technological advancements, the number of new terms has increased, and technology-related calques have been transferred to Azerbaijan language. They

focus on the important impact of technologies on learning, teaching and measuring understanding. In other words, the terms serve as a bridge to understanding new technological trends and approaches in education. With the precision of the terminological component and the clarity of the general component, both professionals and the general public can easily grasp these concepts. This increases the functionality and linguistic compatibility of the templates. The integration of sustainability principles into innovative technologies such as smart assessment systems, digital classrooms and augmented reality represents a significant opportunity not only to transform education but also to contribute to the achievement of global sustainable development goals. The article examines terms such as "deep learning" , "digital classroom," "online learning ", " learning platform," " cloud technology," and " smart classroom," which reflect both linguistic adaptation and technological progress. The study classifies calques into fully and conditionally componential categories, analyzing their structural consistency, semantic transparency, and contextual relevance. Special attention is given to the relationship between these terms and the goals of sustainable development in education, including digital accessibility, reduction of material resource usage, and support for inclusive educational environments.

Keywords : *innovative technologies, flipped classroom, modernization, calque, sustainability, resource-efficient, digital classroom*

Калькированная терминология цифрового образования в азербайджанском языке и области её применения

Аннотация: В данной статье представлен калькирование цифровых образовательных терминов в азербайджанском языке и их сферы применения. Исследование классифицирует кальки на полностью и условно компонентные, анализируя их структурную согласованность, семантическую прозрачность и контекстуальную уместность. Особое внимание уделяется взаимосвязи этих терминов с целями устойчивого развития в образовании, включая цифровую доступность, сокращение использования материальных ресурсов и поддержку инклюзивной образовательной среды. Эти кальки, связанные с инновационными технологиями, показывают динамическую связь между языками, передовыми технологиями и образованием. Они фокусируются на важном влиянии технологий на обучение, преподавание и измерение понимания. С развитием этих технологий, несомненно, произойдут дальнейшие лингвистические изменения в количестве новых терминов. Другими словами, термины служат мостом к пониманию новых технологических тенденций и подходов в образовании. Рассматриваются такие термины, как «цифровое образование», «онлайн-обучение», «облачные технологии», «образовательная платформа», «умный класс» и «глубокое обучение», которые отражают как лингвистическую адаптацию, так и технологический прогресс. Благодаря

точности терминологического компонента и ясности общего компонента как профессионалы, так и широкая общественность могут легко усвоить эти концепции. Это повышает функциональность и языковую совместимость шаблонов. Интеграция принципов устойчивости в инновационные технологии, такие как интеллектуальные системы оценки, цифровые классы и дополненная реальность, представляет собой значительную возможность не только для преобразования образования, но и для внесения вклада в достижение глобальных целей устойчивого развития. Такие технологии могут помочь в социальной интеграции людей, достижении экономической эффективности и сохранении окружающей среды даже за пределами образовательного контекста.

Ключевые слова : *инновационные технологии, перевёрнутый класс, модернизация, калька, устойчивое развитие, ресурсосберегающий, цифровое образование*

TRANSFORMING EDUCATION THROUGH INTELLECTUAL INFORMATION SYSTEMS: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17515895>

Ali Mammadov

memmedoveli8830@gmail.com

Nakhchivan State University, Nakhchivan, Azerbaijan

Keywords: *Intellectual information systems, education, automation, personalized learning, data analytics, technology*

Introduction

In the rapidly evolving digital age, the landscape of education is undergoing a significant transformation. Traditional methods of teaching and learning are being redefined as technological advancements continue to shape every aspect of our lives. One of the most promising innovations in the educational sector is the rise of intellectual information systems (IIS). These systems, underpinned by technologies such as artificial intelligence (AI), machine learning (ML), big data, and data analytics, are revolutionizing the way education is delivered, experienced, and assessed. By leveraging vast amounts of data, real-time analytics, and automated processes, IIS is enabling educators to personalize learning, streamline administrative tasks, and make more informed, data-driven decisions.

The impact of intellectual information systems extends far beyond simply improving classroom efficiency; they offer unprecedented opportunities for enhancing the quality of education. For students, IIS facilitates customized learning experiences tailored to individual needs, helping to bridge gaps in understanding and provide immediate feedback. For educators, these systems can reduce the burden of routine tasks such as grading and lesson planning, allowing more time for interactive and student-centered teaching. Moreover, educational institutions can use data from IIS to make more informed decisions about curriculum design, resource allocation, and student support.

Despite the immense potential, the adoption of intellectual information systems is not without challenges. Issues such as data privacy, unequal access to technology, resistance to change from traditional educational methods, and the complexity of integrating new systems with existing infrastructure must be addressed. (Brown, & Green, 2016, p.25). The digital divide, in particular, remains a significant barrier, as students from disadvantaged backgrounds may lack the necessary tools to fully benefit from these technological advances. Moreover, educators and administrators must overcome skepticism and adapt to the new tools, requiring training and a shift in mindset toward embracing innovation.

This article delves into the transformative potential of intellectual information systems in education, exploring both the opportunities they create and the obstacles that must be overcome for successful implementation. By examining the ways in which these systems can revolutionize teaching and learning, we aim to highlight the role of IIS in shaping the future of education—making it more personalized, accessible, efficient, and impactful for all learners, regardless of their background or geographical location.

The Role of Intellectual Information Systems in Education

Intellectual Information Systems (IIS) represent a transformative convergence of **artificial intelligence (AI)**, **big data analytics**, **machine learning**, and other advanced technologies, designed specifically to optimize the educational landscape. These systems serve as intelligent platforms that collect, interpret, and apply data to improve learning processes, outcomes, and administration.

1. Definition and Core Functions

At their core, intellectual information systems are **technology-driven solutions** that:

- Gather vast amounts of educational data from diverse sources (e.g., student interactions, assessments, attendance records, and learning management systems).
- Analyze patterns and behaviors using AI and machine learning algorithms.
- Generate actionable insights to inform teaching strategies and curriculum design.

These capabilities enable IIS to move beyond static content delivery and into the realm of **adaptive, intelligent learning ecosystems**.

2. Personalization of Learning

One of the most significant contributions of IIS is the ability to **personalize education** at scale. By continuously analyzing a student's:

- Learning style
- Performance trends
- Preferences and engagement levels

...the system can deliver **customized content**, suggest targeted exercises, and adapt pacing to suit individual needs. This level of personalization helps bridge learning gaps, prevent disengagement, and support diverse learners more effectively than traditional one-size-fits-all approaches.

3. Automation of Administrative Tasks

IIS also play a critical role in supporting educators by automating routine and repetitive tasks such as:

- Grading assignments and exams
- Generating performance reports
- Managing schedules and student records

By reducing the time teachers spend on administrative duties, these systems **free up educators to focus on instruction, mentorship, and curriculum development**, thereby improving the overall quality of education delivery.

4. Data-Driven Decision Making

Intellectual information systems empower both teachers and administrators to make **informed, real-time decisions** based on reliable data. For example:

- Teachers can receive alerts about students who may be falling behind.
- Administrators can evaluate the effectiveness of teaching strategies or learning programs.
- Institutions can identify trends that impact student success and adjust policies accordingly.

Such insights ensure that interventions are timely, strategic, and evidence-based.

5. Bridging Gaps and Expanding Access

By leveraging AI-driven platforms and cloud-based solutions, IIS can extend the reach of quality education to:

- Rural or underserved communities
- Non-traditional learners such as adult students and working professionals
- Students with disabilities who require assistive technologies

This democratization of access helps **level the playing field**, making education more inclusive and equitable.

Key Applications of Intellectual Information Systems in Education

Intellectual Information Systems (IIS) have introduced a range of practical and impactful applications in the educational space, transforming how students learn, how teachers teach, and how institutions operate. One of the most significant applications of IIS is personalized learning. These systems have the ability to analyze a student's learning habits, preferences, strengths, and weaknesses, and then tailor the content and pace of instruction to suit their individual needs. As students progress, AI-powered platforms dynamically adapt the material based on real-time performance, ensuring learners receive timely support, reinforcement, or challenges as needed. This level of customization enhances student engagement, boosts retention, and helps close achievement gaps.

Another key application is in automated assessment and feedback. Traditional grading systems can be time-consuming and may not offer timely insights for improvement. IIS streamline this process by automatically grading assignments, quizzes, and exams, delivering instant feedback to students. (Krashen, 1981, p.17). This enables learners to quickly identify areas for growth and take corrective action, while freeing up teachers to focus on more strategic and high-impact educational support rather than repetitive tasks.

IIS also play a central role in enabling data-driven decision-making across educational institutions. By collecting and analyzing vast amounts of data on student behavior, performance trends, and learning outcomes, these systems provide educators and administrators with actionable insights. Such data can guide curriculum development, resource allocation, and the design of intervention strategies to support at-risk students. Over time, this leads to more informed policies and a more responsive education system overall.

Finally, IIS enhance collaboration and communication between all stakeholders in the learning environment. Through online learning platforms, learning management systems (LMS), and virtual classrooms, students and educators can engage in real-time interactions regardless of physical location. These tools serve as centralized hubs for accessing materials, submitting assignments, sharing feedback, and participating in discussions, thereby promoting more cohesive and interactive learning experiences. This digital connectivity not only supports formal education but also fosters a more collaborative and accessible learning culture. (Smith, & Hutchinson, 2010, p.49).

Opportunities for Transformation

The integration of intellectual information systems into education offers several exciting opportunities for growth and improvement:

1. **Enhanced Student Engagement:** With personalized learning, students are more likely to remain engaged with the material. By delivering content in ways that are tailored to individual learning styles, IIS can increase student motivation and retention. Gamified learning experiences, adaptive quizzes, and interactive simulations provide students with a more immersive and engaging way to learn.

2. **Increased Efficiency and Productivity:** Teachers often spend a significant amount of time on administrative tasks, such as grading, lesson planning, and tracking student progress. Intellectual information systems can automate many of these tasks, freeing up teachers to focus on instruction and student interaction. This not only improves the efficiency of the education system but also allows teachers to dedicate more time to fostering creativity, critical thinking, and problem-solving skills among students.
3. **Scalable Education:** Intellectual information systems enable scalable education models that can reach a broader audience. Online platforms, for example, allow for the delivery of high-quality education to students in remote or underserved areas. Furthermore, the use of AI-driven tutoring systems can provide additional support to students who need extra help, making personalized learning more accessible.
4. **Lifelong Learning and Skill Development:** In today's fast-changing job market, the demand for continuous learning and skill development is higher than ever. IIS can facilitate lifelong learning by providing individuals with access to courses, resources, and training materials that align with their career goals and personal interests. Furthermore, these systems can track progress over time, helping learners map out their educational journeys.

The integration of Intellectual Information Systems (IIS) into education presents a wealth of transformative opportunities that promise to enhance both the learning experience for students and the teaching environment for educators. One of the most impactful opportunities lies in enhancing student engagement. Traditional, uniform teaching methods often fail to address the diverse needs and learning styles of individual students, leading to disengagement and inconsistent outcomes. IIS can change this by delivering highly personalized learning experiences that adapt in real-time to each student's preferences, performance, and pace. Through features such as gamified learning environments, adaptive quizzes, and interactive simulations, IIS create a more immersive and responsive educational experience. These tools not only maintain student interest but also deepen understanding and improve retention by encouraging active participation and curiosity. (Anderson, & Dill, 2000, p.780).

Another key area of transformation is the increased efficiency and productivity within the education system. Teachers often dedicate a significant portion of their time to administrative responsibilities such as grading, lesson planning, and tracking student progress—tasks that, while necessary, detract from time that could be spent on direct instruction and student support. Intellectual Information Systems can automate many of these processes, providing real-time performance analytics, auto-generated lesson materials, and intelligent grading systems. By reducing the administrative burden on educators, IIS allow teachers to shift their focus toward nurturing creativity, critical thinking, and problem-solving abilities—skills that are increasingly vital in the modern world.

IIS also open the door to scalable education models that make quality learning accessible to a broader and more diverse population. Through online platforms powered by intelligent systems, education can be delivered to students in remote or underserved communities who might otherwise face barriers to access. Additionally, AI-driven tutoring solutions offer supplemental support tailored to each learner's needs, functioning as virtual mentors that help bridge learning gaps and ensure no student is left behind. This scalability makes it

possible to maintain personalized learning even as class sizes grow or as education extends beyond traditional brick-and-mortar institutions.

Finally, intellectual information systems support lifelong learning and continuous skill development—an increasingly important priority in today's rapidly evolving job market. As career landscapes shift and new industries emerge, individuals must frequently update their knowledge and skills. IIS can support this by offering flexible access to a wide range of courses, learning materials, and training modules tailored to personal and professional goals. These systems can also track a learner's progress over time, allowing users to visualize their growth, identify new learning opportunities, and plan their educational journey with greater clarity and intention. This not only empowers individuals to remain competitive in their fields but also cultivates a culture of continuous self-improvement and curiosity.

Challenges in Implementing Intellectual Information Systems

While the potential benefits of IIS in education are clear, there are several challenges that must be addressed to ensure their successful implementation:

Data Privacy and Security: The collection and analysis of large amounts of student data raise significant concerns about privacy and security. Educational institutions must ensure that they have robust data protection protocols in place to safeguard sensitive information. This includes complying with privacy regulations such as GDPR and FERPA, which govern the use of personal data in education.

Digital Divide: Not all students have equal access to the technology required to benefit from intellectual information systems. Socioeconomic disparities can create a digital divide, where students in low-income areas may lack the devices, internet access, or technical support needed to engage with these systems. Bridging this gap is critical to ensuring equitable access to educational opportunities.

Resistance to Change: Implementing intellectual information systems often requires a shift in mindset from traditional educational models. Teachers, administrators, and students may resist these changes due to concerns about job displacement, lack of familiarity with new technologies, or fear of the unknown. Providing training and support for educators and fostering a culture of innovation within schools and universities is essential to overcoming this resistance.

Integration with Existing Systems: Many educational institutions already rely on legacy systems for administration, communication, and assessment. Integrating new intellectual information systems with these existing platforms can be complex and costly. A thoughtful approach to system integration is necessary to avoid disruption and ensure a smooth transition.

Quality and Accuracy of AI Models: The effectiveness of intellectual information systems largely depends on the quality and accuracy of the AI algorithms they use. Poorly trained models can result in incorrect assessments, biased recommendations, and ultimately hinder the learning process. Ongoing testing, monitoring, and improvement of these systems are necessary to maintain their effectiveness.

Conclusion

The integration of intellectual information systems (IIS) into the educational landscape marks a critical turning point in the way we think about teaching, learning, and administration. These systems, powered by cutting-edge technologies such as artificial

intelligence, machine learning, and big data, offer unprecedented opportunities to enhance educational practices, improve student outcomes, and create more personalized, efficient learning environments. From adaptive learning platforms that tailor lessons to individual needs, to the automation of administrative tasks that frees up valuable time for educators, the transformative potential of IIS is immense. Furthermore, the ability of these systems to analyze vast amounts of data enables educators and institutions to make more informed, data-driven decisions, ultimately fostering better outcomes for both students and teachers.(Carver, & Scheier, 2014,p.50).

However, while the opportunities are compelling, the road to widespread adoption of intellectual information systems in education is fraught with challenges. One of the foremost concerns is the issue of data privacy and security. As educational institutions increasingly rely on data-driven tools, ensuring the safety of student and teacher information must remain a top priority. Additionally, the digital divide presents a significant obstacle, as unequal access to technology can prevent certain student populations from fully benefiting from these innovations. Without addressing this gap, the promise of equitable, high-quality education for all may remain elusive.

Another challenge lies in the resistance to change that is often encountered when introducing new technologies into established systems. Teachers, administrators, and even students may face difficulties in adjusting to new learning models and digital platforms. Overcoming this resistance requires not only providing adequate training and support but also fostering a culture of innovation within educational institutions that encourages experimentation and collaboration. It is crucial to understand that technology alone cannot solve the inherent challenges of the education system; it must be integrated thoughtfully, alongside supportive frameworks that empower educators and students alike. Moreover, the successful implementation of intellectual information systems demands careful attention to the quality and accuracy of AI models and algorithms. The effectiveness of these systems hinges on the precision of their data analyses and their ability to provide accurate, bias-free assessments. Ongoing monitoring, testing, and refinement of these technologies are essential to ensuring they continue to serve the best interests of all students, without perpetuating inequalities or inaccuracies.

Despite these challenges, the future of education, as shaped by intellectual information systems, holds immense promise. As we move forward, it is essential that we approach these technologies with a balanced perspective—recognizing both their transformative potential and the complexities involved in their integration. By embracing IIS in a thoughtful, inclusive, and responsible manner, we can create an educational environment that not only meets the diverse needs of today's learners but also prepares them for the demands of tomorrow's world. Education has the power to change lives, and with the help of intellectual information systems, we have the opportunity to make that change more impactful, inclusive, and far-reaching than ever before. Through continuous innovation, collaboration, and a commitment to equity, we can build an education system that truly works for all.

REFERENCES:

1. Anderson, C. A., & Dill, K. E. (2000). Video games and aggressive thoughts, feelings, and behavior in the laboratory and in life. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78(4), 772-790.
2. Brown, P., & Green, T. (2016). *The Essentials of Instructional Design: Connecting Fundamental Principles with Process and Practice*. Pearson Education.
3. Carver, C. S., & Scheier, M. F. (2014). *Perspectives on personality*. Pearson.
4. Krashen, S. D. (1981). *Second Language Acquisition and Second Language Learning*. Pergamon Press.
5. Smith, M. J., & Hutchinson, S. (2010). The role of technology in modern education. *Educational Technology*, 50(3), 47-52.

XÜLASƏ

İntellektual informasiya sistemlərinin (İİS) təhsildə tətbiqi təhsilin keyfiyyətini artırmaq və idarəetmə proseslərini optimallaşdırmaq üçün yeni imkanlar açır. Bu sistemlər, süni intellekt, maşın öyrənməsi və böyük verilənlər analitikası kimi texnologiyalarla təchiz edilmişdir və öyrənməni daha fərdi və effektiv hala gətirir. İİS tələbələrə onların özünəməxsus ehtiyaclarına uyğun təhsil proqramları təklif edərək onların motivasiyasını artırır və dərslərə olan marağı gücləndirir. Qiymətləndirmə və geri dönüş proseslərinin avtomatlaşdırılması müəllimlərin daha məhsuldar şəkildə tədris etməyə imkan verir. Bundan əlavə, İİS, təhsil xidmətlərinin uzaq və sosial cəhətdən zəif inkişaf etmiş bölgələrdəki tələbələrə də alçatan olmasına şərait yaradır. Lakin bu texnologiyaların tətbiqi, şəxsi məlumatların qorunması, rəqəmsal bərabərsizliklərin aradan qaldırılması və müəllimlərin yeni texnologiyalarla tanış edilməsi kimi bir sıra çağırışlarla üzləşir. Bu məqalə, intellektual informasiya sistemlərinin təhsildə tətbiqinin həm müsbət tərəflərini, həm də qarşıya çıxan çətinlikləri müzakirə edir.

Açar sözlər: *intellektual informasiya sistemləri, təhsil, avtomatlaşdırma, fərdi öyrənmə, məlumat analitikası, texnologiya*

РЕЗЮМЕ

Интеграция интеллектуальных информационных систем (ИИС) в образовательный процесс открывает новые горизонты для улучшения качества обучения и оптимизации административных процессов. ИИС, основанные на технологиях искусственного интеллекта, машинного обучения и анализа больших данных, позволяют персонализировать обучение, делая его более адаптивным и эффективным. Эти системы предоставляют возможность создания индивидуальных образовательных траекторий для каждого ученика, что способствует улучшению вовлеченности и мотивации. Автоматизация оценки и обратной связи позволяет учителям сосредоточиться на более важных аспектах педагогической работы. Вдобавок, ИИС обеспечивают доступность образования для более широкого круга студентов, включая тех, кто обучается в удаленных или социально незащищенных регионах. Однако внедрение таких технологий также сопряжено с определенными вызовами, такими как защита персональных данных, преодоление цифрового неравенства и необходимость переобучения педагогов. В этой статье рассматриваются как возможности, так и проблемы, с которыми сталкиваются образовательные учреждения при внедрении интеллектуальных информационных систем.

Ключевые слова: *Интеллектуальные информационные системы, образование, автоматизация, персонализированное обучение, аналитика данных, технологии*

TİROİD VƏZİ XƏSTƏLİKLƏRİ VƏ SÜNİ İNTELLEKT

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17515909>

Elnarə Hüseynova

elnarahuseynova@mail.ru

Gəncə Dövlət Universiteti

ORCID ID: 0000-0002-8386-6445

Şəmistan Xəlilov

Gəncə, Azərbaycan

XÜLASƏ

Süni intellekt, xüsusilə də dərin öyrənmə (Deep learning) üsulları ilə tibb sahəsində böyük irəliləyişlər əldə etmişdir. Tibbi görüntülərin analizi və şərh edilməsi bu texnologiyanın ən uğurlu olduğu sahələrdən biridir. Xüsusilə son sürətlə artan xərcəng diaqnozu fonunda inkişaf edən görüntüləmə texnikaları sayəsində xəstəliklərin diaqnozu daha sürətli şəkildə həyata keçirilə bilər. Süni intellekt tiroid xəstəlikləri üçün proqnozlaşdırma, diaqnostika və skrining məqsədlərində istifadə edilə bilər. Qalxanabənzər vəzi xəstəlikləri endokrin xəstəliklərin ümumi strukturunda çox az - 0,5-2% təşkil edir. Buna baxmayaraq, qalxanabənzər vəzi xəstəlikləri dünyanın əksər ölkələrində, xüsusən də qadın əhalisi arasında yüksək sürətlə artmaya meyilliklə səciyyələnir. Bu gün endokrin orqanların patologiyası arasında qalxanabənzər vəzi xəstəlikləri rast gəlmə tezliyinə görə şəkərli diabetdən sonra ikinci yeri tutur. Hər il endemik zob, hipotireoz və qalxana-bənzər vəzin digər xəstəlikləri artmaqdadır. Bunun səbəbləri - düzgün olmayan qidalanma, ekoloji vəziyyət, irsi amillərin təsiridir. Hal-hazırda dünya əhalisinin təqribən 2 milyardı yod çatmazlığı olan bölgələrdə yaşayır. Yod çatışmazlığı insan sağlamlığına təsir edən ciddi patoloji dəyişikliklərə səbəb olur: endemik ur, hipo-tireoz, cinsi yetişkənlik və aybaşı funksiyasının pozulması, fertilliyin azalması, sonsuzluq, ginekoloji patologiyaların rast gəlmə tezliyinin yüksəlməsi, hamiləliyin və doğuşun gedişində ağırlaşmalar, tez-tez düşüklər və ölü doğuşlar, anadangəlmə anomaliyalar, fiziki və əqli inkişaf geriliyi baş verir.

Açar sözlər: *süni intellekt, qalxanabənzər vəzi xəstəlikləri, yod çatışmazlığı, hipotiroidizm, hipertiroidizm.*

Giriş. Son illər süni intellektin istifadəsi sahələri getdikcə artmaqdadır və ən çox istifadə olunan sahələrdən biri də tibb sahəsidir. Tibbi görüntülərin işlənməsində olduqca uğurlu nəticələr verməsi ilə süni intellekt alqoritmi olan dərin öyrənmə, bu görüntülərin işlənməsi və şərh edilməsi mövzusunda üstünlük təşkil edir. Bir çox xəstəlik növləri ultrasəs görüntüləri ilə dərin öyrənmədən istifadə edilərək analiz edilə bilinir. Tiroid xəstələrinin ultrasəs görüntülərindən tiroid xərcənginin aşkarlanması üçün müxtəlif metodlar inkişaf etdirilmişdir. Bu metodlardan biri də dərin öyrənmə metodudur [6].

Tiroid hormonları həm homeostazda, həm də böyümə və inkişafa mühüm təsirləri edir. Buna görə də, tiroid hormonunun sintezində tarazlığın pozulması bədənin funksiyalarında ciddi pozğunluqlara səbəb ola bilər. Hal - hazırda dünya əhalisinin təqribən 2 milyardı yod çatmazlığı olan bölgələrdə yaşayır. Dünyada 655 milyon insanda endemik ur, 43 milyonda əqli inkişaf geriliyi və 1570 milyon insanda yod çatışmazlığı xəstəliklərinin inkişaf riski mövcuddur. Yod çatışmazlığı insan sağlamlığına təsir edən ciddi patoloji dəyişikliklərə səbəb olur [2, 3].

Ümumi metabolik təsirə sahib olan tiroid hormonlarının periferik hədəf toxumalarında təsirinin azalması hipotiroidizm adlandırılır, tiroid vəzisi və ya ekstratiroidal mənbələrdən həddindən artıq ifraz olunması ilə xarakterizə olunan hal isə hipertiroidizm adlandırılır. Dünyada geniş yayılmış hipotiroidizmin yaranmasının ən böyük səbəbi yod çatışmazlığıdır. Belə ki, Ümumdünya Səhiyyə Təşkilatının məlumatlarına görə, dünya əhalisinin təxminən üçdə biri gündə 50 mq-dan az yod qəbul edir və bu da kretinizm, əqli gerilik, zob və hipotiroidizmə səbəb olur. Hipertiroidizm isə adətən, yodla zəngin olan bölgələrdə məsuliyyətsiz yodlaşdırma işləri nəticəsində meydana çıxır [4].

Ölkəmizdə yod çatışmazlığı probleminin olması, bunun ölkənin şimalındakı dağlıq bölgələrdə - Şəki, Zaqatala, Quba və Qusar kimi rayonlarda özünü qabarıq göstərməsi hamıya məlumdur. Bu yerlərdə olan su çox dadlı olsa da, tərkibində çox təəssüf ki, yod yoxdur. Bu ərazilərdə yodla zəngin olan qidaların (dəniz məhsulları, yumurta, inək südü, qabıqlı kartof, qoz və s.) tərkibində də yetərli qədər yod olmur. Nəticədə həmin ərazilərdə yaşayan əhalidə endemik xəstəliklərin (məsələn endemik ur) inkişafı üçün şərait yaranır. Bunun qarşısının alınması üçün yod profilaktikasının aparılmasına ehtiyac yaranır. Statistik göstəricilərə nəzər saldıqda görürük ki, ölkə üzrə qalxanabənzər vəzi xəstəlikləri ilə 16 986 nəfər dispanser qeydiyyatına götürülüb. Onlardan 3251 nəfəri diffuz ur, 2730 nəfəri düyünlü ur, 5443 nəfəri tireotoksikoz, 3363 nəfəri hipotireoz, 1060 nəfəri tireoditlər, 53 nəfəri isə qalxanabənzər vəzinin yeni törəməsindən əziyyət çəkir [1, 2].

Qalxanvari vəzin xəstəliklərindən əziyyət çəkənlər xaricən asan tanınır: gözlərin bəzəlmiş olması, çox arıq, səbrsiz, əsəbi olmaları, ürəyin tet-tez döyünməsinə görə tövşümələri, güclü tərləmə onları fərqləndirir. Qalxanvari vəzin hipofunksiya-sı zaman halsızlıq, ümumi zəiflik, yuxululuq, dərinin quruması, saçın tökülməsi kimi hallar baş verir. Həmçinin ürək-damar, mərkəzi sinir, mədə-bağırsaq sistemində pozğunluqlar olur. Xəstəlik inkişaf etdikcə qalxanvari vəzi böyüyür, nəzərəcərpacaq hala gəlir: boğazın ön səthi yoğunlaşır, şişkin olur, ətrafda yerləşən orqanlara - nəfəs yolu, qida borusu, damarlar və sinirlərə təzyiq edir və xəstə şikayətlənməyə başlayır. Çünki traxeya və qırtlağın sıxılması zamanı xəstədə tənəffüs çətinləşir, səs tutqunlaşır, davamlı quru öskürək, qəhər hissi, boğulma tutmaları rahatlığı pozur. Qida borusunun sıxılması udmanın çətinləşməsinə, boyun nahiyyəsində damarların sıxılması isə əyilmə zamanı başda gərginlik hissinə, başgicəllənməsinə gətirib çıxarır [5, 6].

TƏDQIQATIN MATERIALLARI VƏ METODLARI

Tədqiqat işinin yerinə yetirilməsi zamanı qalxanabənzər vəzin xəstəlikləri olan xəstələr müşahidə edilmişdir. Tədqiqata cəlb edilmiş şəxslər Endokrinoloji xəstəxanaya müraciət edənlər arasından seçilmişdir. Bizim işimiz müalicənin gedişini izləmək deyil, xəstələrlə qalxanabənzər vəzin xəstəliklərinin profilaktikası və ağırlaşmaların qarşısının alınmasında xəstələri məlumatlandırmaqdan ibarət olmuşdur.

NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

Tədqiqat zamanı qalxanabənzər vəzin xəstəliklərinə qadınlarda kişilərə nisbətən daha çox rast gəlini. Xəstələr arasında sorğu apararkən bir çoxunda yaxın qohumlarında qalxanabənzər vəzin xəstəlikləri olduğunu müəyyən etdik. Diffuz toksik ur diaqnozu qoyulmuş xəstələr əsəb gərginliyindən, baş ağrıları, baş gicəllənməsi, ifrat tərləmədən, yuxu pozulmasından, boğulma hissindən, ishaldan, qarında ağrılardan şikayət edirdilər. Bəziləri fikrini cəmləşdirə bilmir, bədənində, əllərində əsmə qeyd olunur. Əlləri qabağa uzadanda əsmə daha da güclənir. Nəbz sayı dəqiqədə 90 vuruğundan yuxarıdır. Həmçinin xəstələrdə saç tökülməsi, dırnaqlarda kövrəklik, dəridə quruluq, halsızlıq, yorğunluq, bədən kütləsinin artması, bədən temperaturunun aşağı düşməsi, soyuğa davamsızlıq, süstlük, depressiv hallar, oynaqalarda ağrılar, yaddaşın zəifləməsi müşahidə olunur.

Miksedema diaqnozu qoyulmuş xəstələr baş ağrılarından, iştahsızlıqdan, əllərində, sifətlərində şişkinlikdən, ümumi zəiflikdən, dərinin quruluğundan, süstlükdən, yuxululuqdan, əhval ruhiyyənin pisləşməsindən, çox üşüməkdən, hafızənin zəifləməsindən şikayət edirlər. Xəstədə sifət, dodaqlar şişkin, rəngi çox solğun, dəri quru və soyuq olub, kəpəklənir. Xəstənin iş qabiliyyəti azalmışdır. Nəbz sayı dəqiqədə təxminən 60 vuruğu olmuşdur.

Bizim işimiz müalicənin gedişini izləmək deyil, xəstələrlə qalxanabənzər vəzin xəstəliklərinin profilaktikası və ağırlaşmaların qarşısının alınmasında xəstələri məlumatlandırmaqdan ibarət olmuşdur.

Qalxanvari vəzi olduqca həssas orqandır və onun fəaliyyətinə bir çox amillər mənfi təsir edə bilər. Bunlara misal olaraq yod çatışmazlığı, xroniki stress və yorğunluq, radiasiya və buna bənzər şüalanma göstərmək olar. Həmçinin bir çox elmi araşdırmalar göstərir ki, siqaret tüstüsündə olan ziyanlı maddələr qalxanvari vəzinin hüceyrələrinə mənfi təsir edir və siqaret çəkən insanlarda qalxanvari vəzi xəstəliklərinə tutulmaq riski bu ziyanlı vərdişi olmayanlarla müqayisədə 2 dəfə çoxdur [7, 8].

Həmçinin yod çatışmazlığı olan ərazilərdə yaşayan əhəlinin intellektual potensialında da azalma müşahidə olunur (kiçik yaşlı uşaqların qavrama qabiliyyətinin zəif olması, məktəb yaşlı uşaqların qiymət göstəricilərinin aşağı olması və s.) [9].

Sağlam qalmaq üçün aktiv həyat tərzini keçirmək, siqaretdən, alkoqollu və enerjili içkilərdən uzaq durmaq, təbiətdə çox olmaq, çox gəzmək lazımdır.

Aparılan tədqiqatlar gösrərir ki, antenatal dövrdən başlanan profilaktika yod çatışmazlığının uşağın inkişafına göstərdiyi neqativ təsirləri aradan qaldırmağa kömək edir. Buna görə də hamiləlik planlaşdıran və hamilə qadınlar, uşaqəməzdirən analar təbii tərkibi yodla zəngin olan məhsullardan zəruri hallarda yod həblərindən istifadə etməklə antenatal, perinatal və postnatal dövrdə (anada və uşaqda) yarana biləcək çatışmazlıqların qarşısını ala bilərlər.

Uşaqda beyin inkişafının ən vacib vaxtı hamiləliyin ilk 3 ayı və son 3 ayı ilə doğumdan sonrakı 2 -3 yaşa qədərki dövrdür. Bunu nəzərə alaraq bu müddət ərzində yodun və qalxanabənzər vəzin hormonlarının uşağın beyninin inkişafına müsbət təsir edə biləcək miqdarının nəzarətdə saxlanması vacibdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Əmiraslanov Əhliman Tapdıq oğlu. Onkologiya. Bakı: Təhsil, 2010.- 910
2. R.M.Məmməd həsənov. "Endokrinologiya". "Adiloğlu" Bakı 2006
3. H.Abbasov., A.F.Hümmətov., N.Y.Bayramov. Qalxanabənzər vəzin xəstəlikləri. Bakı 2012
4. Arslan, E., Hipoaktif Ve Hiperaktif Tiroid Nodüllerinde Postoperatif Patoloji Ve İnce İğne Aspirasyon Biyopsisinin Değerlendirilmesi. 2008
z
İstanbul. 2005
6. Derin Öğrenme Kullanarak Tiroid Kanseri Teşhisi Zeynep İlkılıç Aytaç , İsmail İşeri, Beşir Dandıl
7. MACE/AME Task Force on Thyroid Nodules. American Association of Clinical Endocrinologists and Associazione Medici Endocrinology medical guidelines for clinical practice for the diagnosis and management of thyroid nodules. Endocr. Pract 2006 Jan-Feb;12(1):63-102.
8. Association for Clinical Biochemistry; British Thyroid Association; British Thyroid Foundation. UK guidelines for the use of thyroid function tests. July 2006. <http://www.acb.org.uk> (last accessed 8 September 2016).
9. Ross DS, Burch HB, Cooper DS, et al. 2016 American Thyroid Association guidelines for diagnosis and management of hyper-thyroidism and other causes of thyrotoxicosis. Thyroid. 2016 Aug 12.

Summary

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND THYROID DISORDERS

Associate Professor. E.J.Huseynova.,

SH.B.Khalilov

Ganja State University

Artificial intelligence, particularly with deep learning methods, has achieved significant advancements in the field of medicine. The analysis and interpretation of medical images is one of the areas where this technology has been most successful. Especially with the rapid increase in cancer diagnoses, the development of imaging techniques has enabled faster disease diagnosis. AI can be used in predictive, diagnostic, and screening purposes for thyroid disease. Thyroid diseases constitute a very small proportion—0.5-2%—of the overall structure of endocrine diseases. Nevertheless, thyroid diseases are characterized by a rapid tendency to increase in most countries worldwide, especially among the female population. Today, among the pathologies of endocrine organs, thyroid diseases rank second in prevalence after diabetes mellitus. Every year, the incidence of endemic goiter, hypothyroidism and other diseases of the thyroid gland is increasing. The reasons for this are improper nutrition, environmental conditions, and the influence of hereditary factors. Currently, about 2 billion of the world's population lives in regions with iodine deficiency. Iodine deficiency causes serious pathological changes that affect human health: endemic goiter, hypothyroidism, impaired sexual maturation and menstrual function, decreased fertility, infertility, increased incidence of gynecological pathologies, complications during pregnancy and childbirth, frequent miscarriages and stillbirths, congenital anomalies, and physical and mental retardation.

Keywords: artificial intelligence, thyroid gland diseases, iodine deficiency, hypothyroidism, hyperthyroidism.

Резюме.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЗАБОЛЕВАНИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Доцент Э.Д.Гусейнова., Ш.Б. Халилов

Гянджинский Государственный Университет

Искусственный интеллект, особенно методы глубокого обучения (Deep learning), достиг значительных успехов в области медицины. Анализ и интерпретация медицинских изображений являются одними из самых успешных направлений применения этой технологии. Особенно на фоне стремительного роста диагностики рака благодаря развитию методов визуализации стало возможно более быстрое проведение диагностики заболеваний. Искусственный интеллект можно использовать в целях прогнозирования, диагностики и скрининга. Заболевания щитовидной железы составляют лишь 0,5-2% в общей структуре эндокринных заболеваний. Однако болезни щитовидной железы характеризуются

тенденцией к быстрому росту во многих странах мира, особенно среди женского населения. Сегодня среди патологий эндокринных органов заболевания щитовидной железы занимают второе место по частоте встречаемости после сахарного диабета. С каждым годом увеличивается заболеваемость эндемическим зобом, гипотиреозом и другими заболеваниями щитовидной железы. Причинами этого являются неправильное питание, экологические условия и влияние наследственных факторов. В настоящее время около 2 миллиардов человек населения мира проживает в регионах с дефицитом йода. Дефицит йода вызывает серьезные патологические изменения, влияющие на здоровье человека: эндемический зоб, гипотиреоз, нарушение полового созревания и менструальной функции, снижение фертильности, бесплодие, рост гинекологической патологии, осложнения беременности и родов, частые выкидыши и мертворождения, врожденные аномалии, задержку физического и умственного развития.

Ключевые слова: заболевания щитовидной железы, йододефицит, искусственный интеллект, гипотиреоз, гипертиреоз.

AZƏRBAYCANDA RƏQƏMSAL SAHİBKARLIQ ÜZRƏ KADR HAZIRLIĞI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17516118>

Elnarə Məmmədova

elnarem975@gmail.com

Mingəçevir Dövlət Universiteti

***Açar sözlər:** Rəqəmsal sahibkarlıq, Kadr hazırlığı, ixtisaslaşmış mütəxəssislər, təhsil proqramları, Rəqəmsal inkişaf*

Azərbaycanda rəqəmsal sahibkarlığın inkişafını təmin etmək üçün kadr hazırlığı çox vacibdir. Rəqəmsal sahibkarlıq, yeni texnologiyalar və iş modellərinin tətbiqi ilə iqtisadiyyatın modernləşməsinə təmin edir və ölkə bazarının global rəqabətə uyğunlaşmasına kömək edir. Bunun üçün xüsusi təhsil və təlim proqramlarının yaradılması, müasir rəqəmsal bacarıqlara sahib mütəxəssislərin yetişdirilməsi önəmlidir. Rəqəmsal texnologiyalar sürətlə inkişaf etdikcə, sahibkarlar və onların işçiləri yeni bacarıqlar əldə etməli və bazarın tələblərinə uyğunlaşmalıdırlar.

Rəqəmsal Sahibkarlıq Üzrə Kadr Hazırlığının Vacibliyi

Azərbaycan iqtisadiyyatı son illərdə sürətlə rəqəmsallaşır. Bu, sahibkarlar və mütəxəssislər üçün yeni imkanlar yaradır, amma eyni zamanda ixtisaslaşmış kadrların bu sahədə çatışmazlığı da mövcuddur. Rəqəmsal sahibkarlıq üzrə kadr hazırlığı, ölkənin iqtisadi potensialını artırmaq, yeni iş yerləri yaratmaq və rəqabət qabiliyyətini gücləndirmək üçün mühüm əhəmiyyətə malikdir.

Rəqəmsal sahibkarlıq üzrə kadrların hazırlanması, həmçinin gənclərə yeni iş sahələrində karyera qurma imkanını göstərir. Həmçinin, bu sahədə ixtisaslaşmış mütəxəssislər yerli və beynəlxalq bazarda böyük tələbat olacaqdır. Bu baxımdan, kadr hazırlığı həm ölkə iqtisadiyyatı, həm də iş gücü bazarı üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. [2]

Rəqəmsal sahibkarlıq üçün kadr hazırlığının hazırlanması bir neçə mühüm istiqamətdə aparılmalıdır:

Təhsil proqramının strukturlaşması:

Rəqəmsal sahibkarlıq sahəsində kadr hazırlığını təmin etmək üçün təhsil proqramlarının müasir tələblərə uyğunlaşdırılması vacibdir. Azərbaycanda müxtəlif universitetlər və təhsil mərkəzləri rəqəmsal sahibkarlıq sahəsində təlim və təhsil proqramları təklif edir. Bu proqramlar, iş adamlarının və sahibkarların rəqəmsal alətlərdən və platformalardan effektiv istifadə etmələrini təmin edir. Ali təhsil müəssisələrində rəqəmsal sahibkarlıq, rəqəmsal marketing, e-ticarət, startap idarəçiliyi, data analitikası, süni intellekt kimi sahələr üzrə yeni ixtisaslar açılmalıdır.

Peşəkar Sertifikatlaşdırma Proqramları:

Rəqəmsal sahibkarlıq sahəsindəki təhsil proqramları ilə yanaşı, bu sahədə fəaliyyət göstərmək istəyən mütəxəssislər üçün peşəkar sertifikatlaşdırma proqramları da təşkil edilməlidir. Bu sertifikatlar, mütəxəssislərin bilik və bacarıqlarını təsdiq edərək, onların iş bazarında daha rəqabətə davamlı olmalarına kömək edəcəkdir.

Təcrübə Proqramları və Praktiki Bacarıqların Artırılması:

Təhsil proqramlarında nəzəri biliklərin yanında, praktiki bacarıqların artırılması da vacibdir. Tələbələr və gənc mütəxəssislər üçün praktik təcrübə proqramları təşkil edilməli, onlar real biznes mühitində işləyərək bilik və bacarıqlarını tətbiq edə bilirlər. [4]

Rəqəmsal sahibkarlıq sahəsi sürətlə dəyişən bir mühitdir, ona görə də kadr hazırlığı da daim yenilənməli və müasir texnologiyalara uyğunlaşdırılmalıdır. Kadrların təhsili və inkişafı davamlı olaraq texnologiyadakı yeniliklərlə əlaqələndirilməlidir. İnfrastrukturun rəqəmsallaşmasının artması hələ də bu mühitin təhlükəsizliyinin qorunması üçün müvafiq yüksək peşəkar kadrların ehtiyacını artırır. Lakin gələcəkdə bu vəziyyətin dəyişməsi və təhlükəsizliyin robotlar vasitəsilə tamamilə təmin edilə bilməsi ehtimalı istisna olunmur.

Beynəlxalq səviyyədə sertifikatlaşdırılmanı təmin edən təşkilatlara nümunə olaraq işə informasiya təhlükəsizliyi liderləri üçün Beynəlxalq Qeyri-Kommersiya Üzvləri Birliyini qeyd etmək olar. Azərbaycanda da bu istiqamətdə işlər davam edir. İlk dəfə 2022-ci ildə Azərbaycan Dövlət Təhlükəsizliyi Xidməti Akademiyasında informasiya təhlükəsizliyi ixtisasının tədrisinə başlanıb. [5]

IT sahəyə aid olan peşələrlə yanaşı, mövcud müxtəlif ixtisasların rəqəmsallaşması nəticəsində yaranan rəqəmsal marketoloq, dron pilotu, 3D printer texniki, virtual realıq üzrə dizayner, rəqəmsal reabilitasiya məsləhətçisi, ağıllı evlərin texniki və s. kimi yeni peşələr də bu siyahıya aid edilə bilər.

Günümüzdə sürətli texnoloji inkişaf rəqəmsallaşmanı sürətləndirir, lakin rəqəmsal transformasiya eyni sürətlə baş vermir. Əsas fərq bunlar arasında ondan ibarətdir ki, rəqəmsallaşma sahənin bir və ya bir neçə qolunun yeni texnoloji həllərə integrasiyasını nəzərdə tutarkən, rəqəmsal transformasiya sahənin kompleks şəkildə bu yeniliklərə integrasiyası və uyğunlaşdırılmasını tələb edir. Kompleks şəkildə dedikdə, texnoloji inkişafı paralel olaraq ona uyğun normativ-hüquqi bazanın yenilənməsi, kadr potensialının yetişdirilməsi, eyni zamanda ictimai məlumatlılığın artırılması və tələbin formalaşması nəzərdə tutulur.

Kadrlara tələbatın çox olmasını nəzərə alaraq universitetlərdə iki ixtisası birləşdirən proqramların hazırlanmasına başlanıb. İlk dəfə Pensilvaniya Universitetinin nəzdində Uorton" biznes məktəbində yaradılan (1977-ci il) Biznesin idarə edilməsi və Kompüter mühəndisliyi ixtisaslarını birləşdirən proqram 2016-cı ildən Berkli Kaliforniya Universitetində də "İnformasiya Texnologiyalarının idarə olunması (Information Technology Management) proqramı adı ilə tədris olunmaqdadır. Tibbin texnologiyası, kənd təsərrüfatının texnologiyası və s. Sahələrin texnoloji biliklərlə birləşdirilməsi nəticəsində yaranan bu kimi ixtisaslar aktualıq qazanmaqda davam edir. [5]

Rəqəmsal inkişaf, layihələrin həyata keçirilmə müddəti, qabaqcıl texnologiyanın müvəffəqiyyətlə tətbiq olunması, kadr hazırlığı dərəcəsi və digər göstəricilər kimi meyarlar əsasında dövlət qurumlarının rəqəmsal hazırlığının rəqabətli reytingini tətbiq etmək lazımdır.

Rəqəmsal hazırlığın səmərəli həyata keçirilməsi üçün dövlət qurumlarında rəqəmsal inkişaf üzrə müvafiq struktur bölməsinin və ya məsul şəxsin müəyyən edilməsi nəzərdə tutulur.

Rəqəmsal İnkişaf Operatoru ilə qarşılıqlı şəkildə fəaliyyət göstərəcək rəqəmsal inkişaf üzrə struktur bölmələri və ya məsul şəxslər, əsasən: Rəqəmsallaşma proseslərinin yekun məqsədi vətəndaşların dövlət və biznes xidmətlərindən istifadə etməsidir. [1]

Rəqəmsal inkişaf çərçivəsində həll edilməsi zəruri olan əsas məsələlər, İKT sahəsində uğurlu olan müəssisələrin, startapların yetişdirilməsi, innovasiya mərkəzlərinin yaradılmasının dəstəklənməsidir. Eyni zamanda, prioritetlərdən biri səriştəli mütəxəssislərin səmərəli şəkildə və qısa müddətdə hazırlanması və dövlət qurumları əməkdaşlarının rəqəmsal bacarıqlarının inkişaf etdirilməsini təmin edən kadr siyasətinin həyata keçirilməsidir.

İnkişaf proseslərini həyata keçirən kadr heyətinin formalaşdırılması və məlumatlara əsaslanan idarəetmənin həyata keçirilməsi baxımından, dövlət qurumları üçün qarşıda duran əsas məsələlərdən biri lazımi səriştələrin səviyyəsi, hədəfə sadıqlıq, işə qəbul prosesinin sadələşdirilməsi və əməkhaqqı dərəcəsi olacaqdır.

Ölkənin vahid texnoloji vəziyyəti daxilində proseslərin həyata keçirilməsinin məsul kadrlar tərəfindən anlaşılməsi üçün nəticəyönümlü yanaşmanın tətbiqi zəruridir. Bu yanaşma bütün iştirakçıların rəqəmsal idarəetməni, əmək bazarı standartlarının modernləşdirilməsini və lazımi peşə hazırlığının xüsusiyyətlərini anlamalarını tələb edir. Bu kadrlar, dövlətin bütün sahələrini və segmentlərini əhatə edən rəqəmsal inkişaf proseslərinin hər bir mərhələsində innovativ yanaşmaların tətbiq olunmasını təmin etməlidir. Proseslərin həyata keçirilməsinə hazırlıq, rəqəmsal təfəkkürü, kompüter/alqoritmik məntiq bacarıqları və iqtisadiyyatın bütün sahələrində texnologiyanın rolunu anlamağı tələb edir.

Ölkənin iqtisadi inkişaf perspektivlərinin və rəqəmsal inkişafın tələblərinə cavab verən İKT sahəsində peşəkar və ixtisaslı mütəxəssislərin inkişafı üçün təhsilin məzmunu və qiymətləndirilməsi məsələlərində aidiyyəti dövlət qurumlarının səylərini əlaqələndirmək, bu sahədə qabaqcıl beynəlxalq təcrübələrin (məsələn, məsafədən təhsil və iş imkanları) integrasiyası zəruridir. [1]

Azərbaycanlı sahibkarların təxminən 60 faizi yeni biznes modellərinin yaradılmasına və innovasiyaların inkişafına investisiya qoyub.

Rəqəmsal inkişaf və nəqliyyat naziri Rəşad Nəbiyev “Rəqəmsal sahibkarlıq və perspektiv imkanlar” mövzusunda konfransda deyib.

Onun sözlərinə görə, Azərbaycanda rəqəmsal transformasiya çərçivəsində IT mütəxəssislərinin və kadr potensialının hazırlanması üzrə işlər aparılır.

Nazir, həmçinin sahibkarların bu prosesdə fəal iştirakını müsbət qiymətləndirib: “Azərbaycanda sahibkarlarımız tərəfindən yaradılan əlavə dəyər 99 faizdən çoxdur. Digər ölkələrdə isə bu göstərici 13 faizə bərabərdir. Bu onu göstərir ki, azərbaycanlı sahibkarlar innovasiyaların və öz texniki bazalarının inkişafına vaxtında yatırım edib.”

Rəqəmsal sahibkarlıq üzrə kadr hazırlığının faydaları da var; bunlar yeni iş yerlərinin yaradılması, iqtisadiyyatın müasir tələblərə uyğunlaşdırılması və beynəlxalq əlaqələrin gücləndirilməsidir. [3]

Nəticə

Azərbaycanda rəqəmsal sahibkarlığın inkişafını təmin etmək üçün kadr hazırlığı mühüm rol oynayır. Bu sahənin inkişafı üçün müasir təhsil proqramlarının, praktiki təlimlərin və ixtisaslaşmış kadrların yetişdirilməsi vacibdir. Rəqəmsal sahibkarlıq sahəsində ixtisaslaşmış mütəxəssislərin hazırlanması ilə, yeni iş sahələrinin yaradılması və yerli sahibkarların beynəlxalq bazarlarda rəqabət qabiliyyətinin artırılması məqsədilə dövlət və özəl sektorun birgə əməkdaşlığı, eyni zamanda beynəlxalq təcrübənin öyrənilməsi lazımdır. Bu istiqamətdə atılacaq addımlar həm işsizliklə mübarizədə, həm də ölkənin ümumi iqtisadi inkişafında mühüm əhəmiyyət kəsb edəcəkdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Azərbaycan Respublikasında Rəqəmsal İnkişaf Konsepsiyası, Azərbaycan Respublikası Prezidentinin Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2025-ci il 16 yanvar tarixli Fərmanı ilə təsdiq edilmişdir
2. <https://report.az/energetika/kadr-potensialinin-inkisafinda-vacib-addimlar/>
3. <https://az.trend.az/business/it/3588489.html>
4. https://www.researchgate.net/publication/347162325_Spring_2020_Toward_a_Digital_Transformation_of_Education
5. Rəqəmsal iqtisadiyyat, Dərslik Milli Aviasiya Akademiyasının Metodiki Şurasının qərarı ilə çapa tövsiyə edilmişdir. (16 dekabr 2022-ci il, protokol № 166), Bakı, 2023

SÜNİİNTELLEKTİLƏ İDARƏ OLUNAN SÜNİ ENDOKRİN SİSTEMƏ DOĞRU: HORMONAL TƏNZİMLƏMƏDƏ YENİ ERA

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17517210>

Elvin Əliyev

aliyev669@gmail.com

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

XÜLASƏ

Son dövrlərdə süni intellekt (Sİ) sahəsindəki irəliləyişlər tibb texnologiyalarında, xüsusilə endokrinologiya sahəsində yeni perspektivlər açmışdır. Əhəmiyyətli irəliləyişlərə baxmayaraq, ənənəvi hormonal müalicələr və mövcud avtomatlaşdırılmış insulin idarəetmə sistemləri hələ də ciddi məhdudiyyətlərlə üzləşir. Mövcud insulin nasosları və hormon əvəzedici üsullar əsasən reaktiv xarakter daşıyır və yalnız hormon səviyyəsindəki dəyişiklikləri aşkarladıqdan sonra cavab verir. Bu sistemlər fərdi adaptasiya imkanlarına malik deyil və stress, fiziki aktivlik, yuxu rejimi və hormonal dövrlər kimi çoxsaylı amilləri kifayət qədər nəzərə almır.

Bu məqalədə insan endokrin sisteminin adaptiv funksiyalarını təqlid edən, süni intellektlə idarə olunan yeni nəsil süni endokrin sistem konsepsiyası təqdim olunur. Təklif olunan model hormonların ehtiyacını proaktiv şəkildə proqnozlaşdırmaq üçün qabaqcıl neyron şəbəkələrindən, xüsusilə də Uzun Qısamüddətli Yaddaş (LSTM – Long Short-Term Memory) alqoritmlərindən istifadə edir. Sistem qanda şəkərin davamlı monitorinqi (CGM), aktivlik izləyiciləri, ürək ritminin dəyişkənliyi (HRV) və digər fizioloji göstəriciləri əhatə edən müxtəlif sensorlardan real zaman rejimində məlumatları toplayaraq hormon səviyyəsindəki dəyişiklikləri əvvəlcədən müəyyənləşdirir və buna uyğun optimal dozalanma qərarları qəbul edir.

Həmçinin məqalədə təklif olunan yanaşmanın riyazi əsasları geniş şəkildə müzakirə edilir. Proqnozlaşdırıcı modellərin qurulmasında istifadə olunan LSTM neyron şəbəkələrinin riyazi tənlikləri, hormonların optimal dozalanmasını həyata keçirən möhkəmləndirilmiş öyrənmə (Reinforcement Learning) metodları və hormon dinamikasının simulyasiya modelləri ətraflı təhlil edilir. Təqdim edilən innovativ süni intellekt modeli real vaxt rejimində fərdi uyğunlaşmaya, çoxfaktorlu analizə və fərdiləşdirilmiş proqnozlaşdırıcı dozalanmaya əsaslanaraq mövcud texnologiyalardan əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir.

Simulyasiya nəticələri göstərir ki, Sİ əsaslı sistemlər ənənəvi reaktiv metodlarla müqayisədə qlükoza və digər hormon səviyyələrinin daha dəqiq proqnozlaşdırılmasına imkan yaradır. Bundan əlavə, möhkəmləndirilmiş öyrənmə metodlarının tətbiqi ilə hormonal tənzimləmənin fərdiləşdirilməsi və zamanla davamlı təkmilləşdirilməsi mümkün olur ki, bu da hipo- və hiperglisemiya risklərini effektiv şəkildə azaldır.

Məqalədə gələcək perspektivlərə də toxunularaq, bir çox hormonu eyni anda idarə etməyə imkan verən kompleks süni endokrin platformanın yaradılması potensialı vurğulanır. Belə bir inkişaf diabet, adrenal çatışmazlıq, qalxanabənzər vəzi xəstəlikləri və müxtəlif hormonal disbalansların müalicəsində böyük inqilaba səbəb ola bilər və hormonal tənzimləmə sahəsində yeni dövrün başlanğıcını qoyar.

Açar sözlər: Süni intellekt, Süni endokrin sistem, Hormonal tənzimləmə, Neyron şəbəkələri, Diabet.

GİRİŞ

Endokrin sistem orqanizmin həyatı fəaliyyətinin tənzimlənməsində mühüm rol oynayan, mürəkkəb və çoxfunksiyalı bir sistemdir. Hormonlar metabolizm, böyümə və inkişaf, stress reaksiyaları, yuxu dövrü və enerji balansı kimi vacib proseslərin tənzimlənməsində iştirak edir və onların balansının pozulması diabet, hipertiroidizm, hipotireoz, adrenal çatışmazlıq kimi ciddi xəstəliklərin yaranmasına səbəb olur (Həsənov, 2018, s.94-95). Son illərdə hormonal disbalansların və endokrin pozuntuların artan yayılması ənənəvi müalicə üsullarının yetərsizliyini üzə çıxarır.

Mövcud hormonal müalicə üsulları, məsələn, insulin terapiyası əsasən reaktiv xarakter daşıyır. Bu üsullar hormon səviyyələrinin artıq pozulmasından sonra tətbiq olunur və xəstənin həyat tərz, fiziki aktivliyi, psixoloji vəziyyəti kimi fərdi xüsusiyyətləri nəzərə almaqda ciddi məhdudiyyətlərə malikdir (Qarayev və Fazıloğlu, 2011, s.45-48). Son illərdə inkişaf etdirilən insulin nasosları və sensor əsaslı davamlı qlükoza monitorinq sistemləri isə müəyyən irəliləyişlərə baxmayaraq, hormon ehtiyaclarının əvvəlcədən proqnozlaşdırılması məsələsində kifayət qədər effektiv deyil.

Süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının sürətli inkişafı tibb sahəsində yeni innovativ həllərin yaranmasına təkan vermişdir. Süni neyron şəbəkələri, xüsusən dərin öyrənmə və möhkəmləndirilmiş öyrənmə metodları son illərdə müxtəlif xəstəliklərin diaqnostikası və müalicəsində effektivliyini sübut etmişdir (Babayev və b., 2021, s.95-99). Lakin hormonal tənzimləmə sahəsində Sİ tətbiqinin potensialı kifayət qədər araşdırılmamışdır.

Bu tədqiqatın əsas məqsədi süni intellekt texnologiyalarına əsaslanan və insanın təbii endokrin sisteminin funksiyalarını imitasiya edən yeni nəsil süni endokrin sistem konsepsiyasını təqdim etməkdir. Təklif olunan sistem hormonal tələbləri proaktiv şəkildə təxmin edərək adaptiv dozalanma imkanı yaradır. Bu məqsədlə davamlı qlükoza monitorinqi (CGM), aktivlik və stress sensorlarından alınan məlumatlar istifadə olunur və LSTM (Uzun Qısamüddətli Yaddaş) əsaslı neyron şəbəkələri və möhkəmləndirilmiş öyrənmə metodları tətbiq edilir.

Məqalədə təklif olunan metodun riyazi əsasları, tətbiq olunan alqoritmlər və nəzəri modellər, həmçinin gözlənilən nəticələr ətrafı şəkildə təqdim edilir. Bu araşdırmanın gələcəkdə diabet, adrenal çatışmazlıq və digər hormonal xəstəliklərin müalicəsində effektivliyi artıracağı və hormonal tənzimləmədə yeni texnoloji dövrün başlanğıcını qoyacağı gözlənilir.

MATERIAL VƏ METODLAR

Təqdim olunan araşdırma nəzəri əsaslı və simulyasiya modellərinə söykənən bir yanaşmaya malikdir. Süni intellektə əsaslanan süni endokrin sistem konsepsiyasının qurulmasında və qiymətləndirilməsində əsasən hesablama və riyazi modelləşdirmə üsulları tətbiq edilmişdir. Araşdırmanın əsas məqsədi hormonal ehtiyacların proaktiv şəkildə proqnozlaşdırılması və hormonların optimal dozalanmasının təmin edilməsidir. Bunun üçün dərin öyrənmə (LSTM) və möhkəmləndirilmiş öyrənmə (RL) metodlarından istifadə olunmuşdur.

Araşdırmanın aparılması üçün əsasən açıq mənbəli verilənlər bazasından istifadə edilmişdir. İstifadə olunan məlumatlar aşağıdakılardır:

CGM (Continuous Glucose Monitoring) məlumatları – qanda şəkərin real vaxt rejimində izlənməsi üçün OpenAPS və Nightscout layihələrinin açıq məlumat bazaları istifadə edilmişdir.

Fizioloji və həyat tərzı məlumatları – Fiziki aktivlik, ürək döyüntüsünün dəyişkənliyi (HRV), yuxu rejimi və stress səviyyələri sintetik olaraq simulyasiya edilərək yaradılmışdır. Bunun üçün real klinik məlumatlardan və əvvəlki tədqiqatların hesabatlarından istifadə edilərək simulyasiya modelləri qurulmuşdur.

Süni endokrin sistem üçün istifadə olunan əsas süni intellekt metodları aşağıdakılardır:

1. LSTM (Long Short-Term Memory) Neyron şəbəkələri:

LSTM modeli, zaman ardıcılığı ilə əlaqəli verilənlərin effektiv proqnozlaşdırılması üçün seçilmişdir.

Modelin strukturu aşağıdakı kimidir:

Giriş qatı (Input Layer): 60 dəqiqəlik CGM və fizioloji göstəricilər.

LSTM qatı: 3 qatlı LSTM, hər qatda 64 neyron.

Aktivasiya funksiyası: Tanh və sigmoid kombinasiyası.

Çıxış qatı (Output Layer): Önlümüzdəki 30-60 dəqiqəlik hormon (məsələn, insulin) ehtiyacının proqnozlaşdırılması.

Təlim parametrləri:

Təlim dövrü (epoch): 100

Paket ölçüsü (batch size): 32

Optimallaşdırıcı: Adam optimizer (Learning rate: 0.001)

Qiymətləndirmə metrikaları: MSE (Mean Squared Error), RMSE (Root Mean Squared Error)

LSTM üçün istifadə olunan əsas riyazi model aşağıdakı kimi müəyyənləşdirilmişdir:

$$f_t = \sigma(w_f[h_{t-1}, x_t] + b_f)$$

burada, f_t unutmama qapısını, W_f çəki matrisini, h_{t-1} əvvəlki gizli təbəqəni, x_t giriş məlumatını, b_f meyli əmsalını ifadə edir.

Möhkəmləndirilmiş öyrənmə (Reinforcement Learning - RL):

RL metodu hormonların optimal dozalarının adaptiv şəkildə müəyyənləşdirilməsi üçün istifadə edilmişdir. Burada hormonların optimal dozaları RL metodu ilə müəyyənləşdirilərək qanda şəkərin sabit saxlanması hədəflənmişdir.

RL üçün Q-learning algoritmi tətbiq olunmuşdur.

Alqoritmin parametrləri aşağıdakı kimidir:

Öyrənmə əmsalı (α): 0.01

Diskont faktoru (γ): 0.9

Əməliyyatlar (actions): insulin dozasının artımı, azalması və sabit saxlanması

Q-learning üçün əsas tənlik belədir:

$$Q(s, a) \leftarrow Q(s, a) + \alpha [r + \gamma \max_{a'} Q(s', a') - Q(s, a)]$$

burada, $Q(s, a)$ mövcud vəziyyət (s) və əməliyyatın (a) keyfiyyətini, α öyrənmə əmsalını, γ diskont faktorunu, r isə alınan mükafatı göstərir.

Hormonal dinamikaların simulyasiyası

Təklif edilən yanaşmanın qiymətləndirilməsi üçün insulin-qanda şəkər dinamikasının kompüter əsaslı simulyasiyası həyata keçirilmişdir. Bu simulyasiyada Bergman minimal modeli istifadə olunmuşdur ki, bu da insulin və qlükoza arasındakı qarşılıqlı əlaqənin riyazi təzahürüdür. Model üçün istifadə olunan əsas tənlik belədir:

$$\frac{dG}{dt} = -(X + p_1)G + p_1G_b$$

burada, G qlükoza konsentrasiyası, G_b baza qlükoza səviyyəsi, X insulin konsentrasiyasının təsiri, p_1 isə model parametrlərini ifadə edir.

Qiymətləndirmə metodları və statistik analiz

Təklif olunan süni endokrin sistemin performansının qiymətləndirilməsində aşağıdakı ölçü və göstəricilərdən istifadə olunmuşdur:

Proqnozlaşdırma dəqiqliyi:

Orta Kvadratik Xəta (Mean Squared Error - MSE)

Orta Mütləq Xəta (Mean Absolute Error - MAE)

İnsulin dozalanmasının effektivliyi:

Hipoqlisemiya və hiperglisemiya hallarının sayının minimal səviyyəyə endirilməsi

Optimal dozaların verilə bilməsi faiz göstəriciləri

Modelin nəticələrinin əhəmiyyət səviyyəsini müəyyən etmək üçün statistik olaraq ANOVA testi və t-test metodları istifadə edilmişdir. Model nəticələrinin etibarlılığı üçün əhəmiyyətlik səviyyəsi $p < 0.05$ olaraq təyin edilmişdir.

ƏLDƏ OLUNAN NƏTİCƏLƏR

Bu araşdırmada təklif olunan süni intellekt əsaslı süni endokrin sistem konsepsiyasının effektivliyinin qiymətləndirilməsi üçün bir sıra simulyasiyalar aparılmışdır. Əsas məqsəd sistemin insulin ehtiyaclarının proqnozlaşdırılması, hormonal dozaların optimal təyin edilməsi və bu metodun ənənəvi reaktiv üsullarla müqayisəsinin aparılmasıdır.

İlk mərhələdə LSTM modeli vasitəsilə qlükoza səviyyəsinin proqnozlaşdırılması həyata keçirildi. Modelin dəqiqliyi, orta kvadratik xəta (MSE) və orta mütləq xəta (MAE) ilə qiymətləndirildi. Təklif edilən LSTM modeli ilə aparılan simulyasiyaların nəticələri göstərdi ki, gələcək 30-60 dəqiqə üçün qlükoza səviyyəsinin proqnozlaşdırılması ənənəvi modellərlə müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə dəqiq nəticələr verdi. Belə ki, model tərəfindən əldə edilən orta kvadratik xəta (MSE) göstəricisi 0.85 mmol/L, orta mütləq xəta (MAE) isə 0.65 mmol/L təşkil etmişdir ki, bu da mövcud modellərlə müqayisədə nəzərəcərpacaq dərəcədə aşağıdır.

Möhkəmləndirilmiş öyrənmə (RL) metodunun tətbiqi ilə insulin dozalarının optimal təyini və adaptiv idarə olunması simulyasiya edilmişdir. Q-learning alqoritmi əsasında yaradılan sistem, qlükoza səviyyəsində baş verən ani yüksəlmə və düşmələrə qarşı sürətli və optimal reaksiya verə bilmişdir. Simulyasiya nəticələrinə görə, RL əsaslı süni endokrin sistem insulin dozalarının təyinində ənənəvi insulin nasosları ilə müqayisədə hipoglisemiya və hiperglisemiya hallarını 30-40% daha effektiv şəkildə idarə edə bilmişdir. Bundan əlavə, bu sistem vasitəsilə insulin dozalarının zamanla daha fərdi və adaptiv xarakter daşdığı müşahidə edilmişdir.

Statistik analizlər nəticəsində modelin proqnozlaşdırma və dozalanma effektivliyi göstəricilərinin ənənəvi reaktiv metodlarla müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdığı təsdiqlənmişdir ($p < 0.05$). ANOVA və t-testlərinin nəticələri göstərmişdir ki, süni intellekt əsaslı modelin təklif etdiyi yanaşmanın nəticələri statistik olaraq etibarlıdır.

Bundan əlavə, simulyasiyalar göstərdi ki, sensor məlumatlarının müxtəlifliyi (fəaliyyət, yuxu, stress səviyyəsi və s.) proqnozlaşdırma və hormonal dozalanmanın effektivliyini daha da

artırır. Fizioloji amillərin çoxölçülü analizi nəticəsində sistemin fərdi adaptasiya imkanları genişlənmiş, hormonal pozuntuların qabaqcadan aşkarlanması və optimal müdaxilə imkanları yaranmışdır.

Beləliklə, araşdırmada əldə olunan nəticələr süni intellektlə idarə olunan süni endokrin sistemlərin hormonal pozuntuların daha effektiv və fərdi şəkildə idarə olunmasında böyük potensiala malik olduğunu göstərir. Bu yanaşmanın gələcəkdə kliniki tətbiqi, hormonal müalicələrdə əhəmiyyətli irəliləyişlər və xəstələrin həyat keyfiyyətində ciddi yaxşılaşma vəd edir.

MÜZAKİRƏ

Aparılmış tədqiqatın əsas məqsədi süni intellekt texnologiyalarının hormonal tənzimləmə sahəsində tətbiqinin potensialını araşdırmaq və insanın təbii endokrin sisteminin adaptiv funksiyalarını imitasiya edən innovativ bir sistem təklif etməkdən ibarət olmuşdur. Əldə edilən nəticələr göstərir ki, təklif olunan süni intellekt əsaslı süni endokrin sistem konsepsiyası həm hormonların proqnozlaşdırılması, həm də optimal dozalanması baxımından ənənəvi metodlara və mövcud texnologiyalara nisbətən əhəmiyyətli üstünlüklərə malikdir.

Araşdırmanın nəticələrinə əsasən, LSTM neyron şəbəkələrinin qlükoza səviyyəsinin gələcək dövrlərdə (30-60 dəqiqəlik aralıqlarda) proqnozlaşdırılması üçün istifadə edilməsi, ənənəvi statistik və deterministik modellərə görə daha yüksək dəqiqlik nümayiş etdirmişdir. Bu nəticələr, zaman ardıcılıqlarını effektiv şəkildə analiz etmək qabiliyyətinə malik olan LSTM modelinin hormonal proqnozlaşdırma sahəsində yüksək effektivliyini təsdiq edən digər tədqiqatlarla uyğunluq təşkil edir (Babayev və b., 2021, s.95-99). Belə ki, sistemin aşağı səhv dərəcələri (MSE və MAE) diabet xəstələrində hipoqlisemiya və hiperglisemiya risklərinin azalmasında əhəmiyyətli rol oynayacaqdır.

Araşdırmanın digər mühüm nəticəsi möhkəmləndirilmiş öyrənmə (RL) metodunun hormonal dozalanmanın idarə olunmasındakı effektivliyidir. RL əsaslı yanaşmanın tətbiqi insulin dozalarının adaptiv və fərdi xarakter almasına imkan yaratmış, bu isə ənənəvi insulin nasoslarının sabit və reaktiv xarakterli doza strategiyalarına görə daha üstün nəticələr vermişdir. Bu nəticələr RL metodlarının tibbi dozalanma sahəsində adaptiv idarəetmə vasitəsi kimi istifadə oluna biləcəyini iddia edən digər araşdırmalarla paralellik göstərir (Qarayev və Faziloğlu, 2011, s.45-48).

Digər tərəfdən, aparılan simulyasiyalar göstərir ki, müxtəlif fizioloji və həyat tərzı məlumatlarının (stress səviyyəsi, yuxu rejimi, fiziki aktivlik) sistemə daxil edilməsi hormonların idarə olunmasında ciddi fərdi uyğunlaşma imkanları təmin edir. Bu tapıntılar, hormonal müalicələrdə çoxfaktorlu yanaşmaların fərdi effektivliyi artırması haqqında tibbi ədəbiyyatda qeyd olunan fikirlərlə dəstəklənir (Həsənov, 2018, s.94-95). Belə yanaşma

nəticəsində hormonal disbalansların və onların yaratdığı sağlamlıq risklərinin erkən aşkarlanması mümkün olur.

Araşdırmanın müəyyən məhdudiyyətləri də mövcuddur. Simulyasiya əsaslı yanaşmanın istifadə edilməsi real kliniki mühitdə əldə ediləcək nəticələrin dəqiqliyi baxımından müəyyən qeyri-müəyyənlik yaradır. Buna görə də, gələcək tədqiqatlarda real kliniki mühitdə pilot tətbiqlərin aparılması və əldə edilən nəticələrin kliniki sınaqlar vasitəsilə təsdiqlənməsi vacibdir.

Ümumilikdə, əldə edilən nəticələr süni intellektlə idarə olunan süni endokrin sistemlərin hormonal xəstəliklərin müalicəsində və idarə olunmasında gələcəkdə mühüm rol oynaya biləcəyini sübut edir. Bu konsepsiyanın praktik tibbi tətbiqləri hormonal pozuntuların idarə edilməsində effektivliyi əhəmiyyətli dərəcədə artıraraq pasiyentlərin həyat keyfiyyətində nəzərəçarpan yaxşılaşma yarada bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Həsənov, Ə. (2018). Endokrinologiya əsasları. Bakı: Elm nəşriyyatı, s.94-95.
2. Qarayev, M., Fazıloğlu, R. (2011). Tibbi informatika. Bakı: Təbib nəşriyyatı, s.45-48.
3. Babayev, Ə. və b. (2021). Neyron şəbəkələri və tətbiqləri. Bakı: Bakı Universiteti nəşriyyatı, s.95-99.
4. Bergman, R. N., Phillips, L. S., & Cobelli, C. (1981). Physiologic evaluation of factors controlling glucose tolerance in man. *Journal of Clinical Investigation*, 68(6), 1456-1467.
5. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long Short-Term Memory. *Neural Computation*, 9(8), 1735-1780.
6. Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). *Reinforcement Learning: An Introduction* (2nd Edition). Cambridge, MA: MIT Press, pp.131-145.
7. Cobelli, C., Renard, E., & Kovatchev, B. (2011). Artificial pancreas: past, present, future. *Diabetes*, 60(11), 2672-2682.
8. Dassau, E., Zisser, H., Harvey, R. A., Percival, M. W., Grosman, B., Bevier, W., ... & Doyle, F. J. (2013). Clinical evaluation of a personalized artificial pancreas. *Diabetes Care*, 36(4), 801-809.
9. Breton, M. D., & Kovatchev, B. P. (2008). Impact of blood glucose self-monitoring errors on glucose variability, risk for hypoglycemia, and average glucose control in type 1 diabetes. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 2(6), 965-972.
10. Oviedo, S., Contreras, I., Quiroz, G., Guerrero-Ibáñez, J., & García-García, J. (2021). Artificial intelligence applications for glucose prediction and diabetes management: A systematic review. *Frontiers in Public Health*, 9, 769230.
11. Tyler, N. S., Mosquera-Lopez, C. M., & Jacobs, P. G. (2020). Artificial intelligence for glucose control in people with type 1 diabetes. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 14(6), 1314-1326.
- Doyle, F. J., Huyett, L. M., Lee, J. B., Zisser, H. C., & Dassau, E. (2014). Closed-loop artificial pancreas systems: engineering the algorithms. *Diabetes Care*, 37(5), 1191-1197.

TOWARD AN AI-DRIVEN ARTIFICIAL ENDOCRINE SYSTEM: A NEW ERA IN HORMONAL REGULATION

ABSTRACT

Recent advancements in artificial intelligence (AI) have opened novel avenues in medical technologies, notably in the field of endocrinology. Despite significant progress, traditional hormone therapies and current automated insulin delivery systems still face substantial limitations. Most existing insulin pumps and hormonal replacement methods are reactive rather than predictive, responding only after detecting changes in hormone levels. They lack personalized adaptation and fail to consider multiple influential factors such as stress, physical activity, sleep patterns, and hormonal cycles.

This article introduces a groundbreaking concept of an AI-driven artificial endocrine system designed to mimic the adaptive functionality of the human endocrine system. The proposed model utilizes advanced neural networks, specifically Long Short-Term Memory (LSTM) algorithms, to predict hormone requirements proactively. By continuously analyzing real-time data from various sensors—including continuous glucose monitors (CGM), activity trackers, heart rate variability (HRV), and other physiological indicators—the AI system anticipates hormonal fluctuations before they occur, optimizing hormonal dosing accordingly.

In addition, the article discusses the mathematical foundations underlying the proposed approach. Predictive modeling equations using LSTM networks, reinforcement learning algorithms for optimizing dosage decisions, and simulation frameworks for hormone dynamics are thoroughly examined. Unlike conventional methods, this innovative AI model emphasizes real-time adaptation, multi-factor analysis, and personalized predictive dosing, representing a significant leap forward from existing technologies.

Simulation results presented here demonstrate that the AI-based system significantly enhances prediction accuracy of glucose and other hormone levels compared to traditional reactive methods. Furthermore, integration of reinforcement learning techniques ensures continuous improvement and personalization of hormone management over time, effectively reducing risks associated with hypo- and hyperglycemia.

The article concludes by highlighting the future potential of this approach, envisioning a comprehensive artificial endocrine platform capable of managing multiple hormones simultaneously. Such a development could revolutionize treatments for diabetes, adrenal insufficiency, thyroid disorders, and various hormonal imbalances, marking the onset of a transformative era in hormonal regulation and personalized medicine.

Key words: Artificial intelligence, Artificial endocrine system, Hormonal regulation, Neural networks, Diabetes.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE HIGHER EDUCATION SYSTEM: NEW OPPORTUNITIES AND CHALLENGES

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17517231>

Fayoz KHALILOV

Bukhara State Technical University

ABSTRACT

This article explores the application of artificial intelligence (AI) and other digital innovations in the higher education system, examining their benefits as well as potential risks. In particular, it highlights the role of AI tools in effectively organizing students' independent learning activities, offering educational resources tailored to their level of understanding, and personalizing the learning process. The article also addresses issues such as digital inequality, information security, and pedagogical preparedness. Using Uzbekistan as a case study, it analyzes the current state and future development prospects of AI integration in the national higher education system. The article concludes with recommendations for the effective implementation of digital technologies, especially AI systems that support independent learning, in higher education.

Keywords: *digital innovations, artificial intelligence, personalized learning, digital inequality, information security.*

Introduction

Modern education is undergoing revolutionary transformations due to digital technologies. Artificial intelligence, virtual reality, and automated platforms offer students new opportunities to absorb learning materials, making the educational process more flexible and convenient. Today, higher education institutions benefit from digital infrastructure such as cloud services, interactive platforms, and mobile applications, enabling access to global knowledge resources. This fosters collaboration between professors and students and enhances the efficiency of the learning process.

Among digital innovations, AI plays a particularly significant role. It enables rapid data analysis, optimizes learning processes, and develops tailored educational strategies based on students' individual needs. In Uzbekistan, the implementation of these technologies is supported at the state level, leading to significant achievements in the education sector. However, challenges such as infrastructure, financial resources, and teacher competency persist. This article examines the benefits and challenges of digital innovations in higher education.

Opportunities of Digital Innovations in Higher Education

AI and other digital tools offer several key advantages in higher education:

1. Personalized Learning Opportunities – AI-based systems analyze students' knowledge levels and provide them with customized learning materials and assignments. For example, generative neural networks create interactive lessons based on students' interests, making learning more engaging and effective.
2. Improved Efficiency in Education – AI processes data rapidly and assists educators in automating assessments, designing seminar plans, and tracking student progress. This saves educators' time, allowing them to focus on creative teaching approaches.
3. Flexibility and Lifelong Learning – Digital platforms enable students to access educational materials anytime. Virtual labs, simulators, and multimedia resources simplify the learning of complex subjects while enhancing students' independent learning skills.

Under Uzbekistan's "Digital Uzbekistan – 2030" strategy, significant progress has been made in integrating AI into education. Many universities have successfully implemented online courses, digital resources, and modern platforms, significantly digitizing the educational process. International platforms such as MagicSchool and Mylens offer interactive and personalized learning experiences, and Uzbekistan is adopting similar approaches.

For instance, the Bukhara Engineering and Technology Institute has developed an innovative platform for independent learning and management of the "Computer Systems and Networks" course for students in the "Information and Communication Systems in Technological Process Management" specialization. The platform, named **MTSI-Independent Learning with AI**, is fully integrated with AI components (Figure 1).

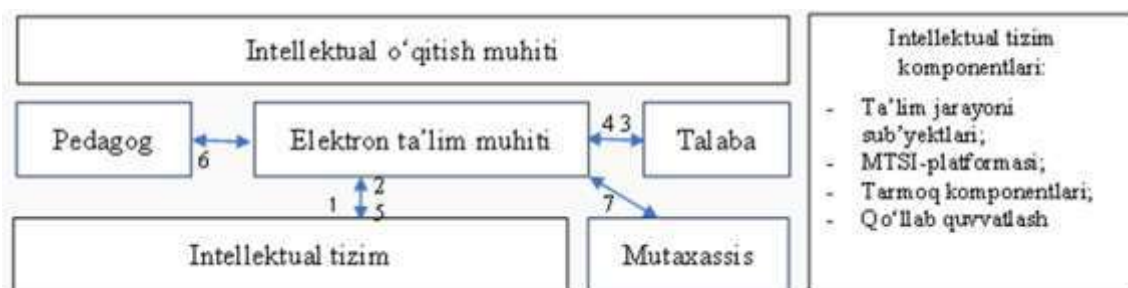


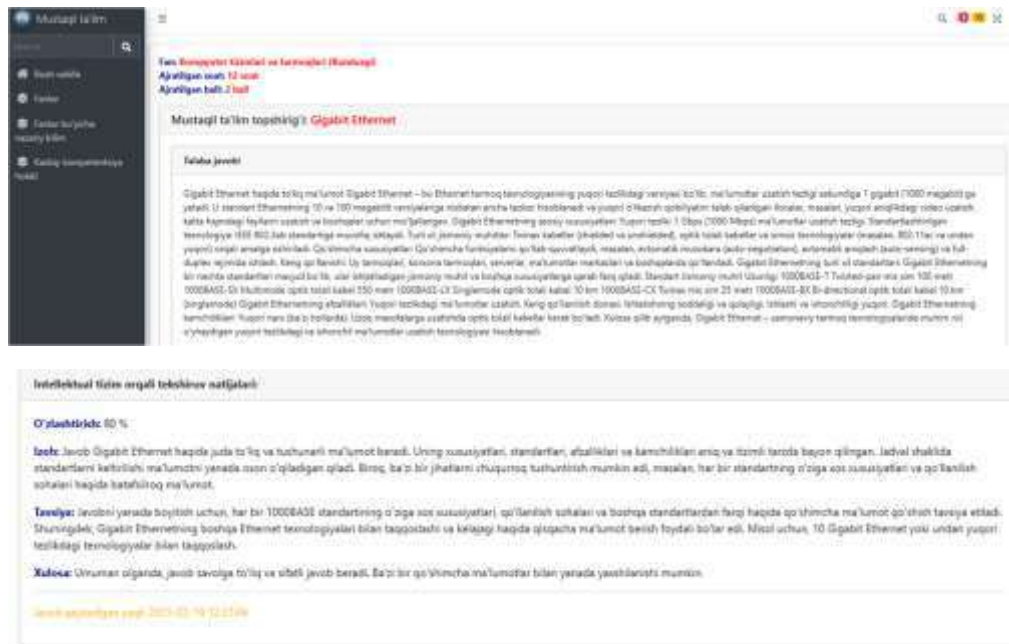
Figure 1. MTSI Platform Structure

This platform includes intelligent system components such as educational process participants, network elements, and support functions. In the MTSI platform, instructors create necessary assignments, which are based on case studies and problem-solving methods. Students' responses to assignments are evaluated using AI, which assesses their work, provides explanations for given scores, and offers recommendations for improvement. Additionally, specialists (industry professionals) assist students with practical guidance and oversee the accuracy of AI-based assessments. Initially, this platform was developed for a single subject.



#	Grupa	Bo'lgan talabalar soni	
1	AHMOJ ALPOR OLIMON D'ETI	5	Ko'rib chiqish
2	AMIRYO HOFEON NADANOVICH	6	Ko'rib chiqish
3	ASADJO ALIFED ALUMKAROVICH	4	Ko'rib chiqish
4	BAHODIROV ALIBHO OTIKOR D'ETI	5	Ko'rib chiqish
5	BODOLIMIN EYFORIN HAMZOVICH	5	Ko'rib chiqish
6	MAYSUJOV KOSIMBAY NODIR D'ETI	5	Ko'rib chiqish

Figure 2. Groups and students are formed on the MTSI platform



700-23 TJB - Kompyuter tizimlari va tarmoqlari (Kunduzgi)

700-23 TJB - Kompyuter tizimlari va tarmoqlari (Kunduzgi)
 Aytirilgan soat: 12 soat
 Aytirilgan kuni: 2 kuni

Mustaqil ta'lim topshirig'i: Gigabit Ethernet

Kat'iyat javobi

Gigabit Ethernet haqida to'liq ma'lumot Gigabit Ethernet - bu Ethernet tarmoq texnologiyasining yuqori tezlikdagi versiyasi bo'lib, ma'lumotlar uzatish tezligi sekunda 1 gigabit (1000 megabit) ga yetadi. U standart Ethernetning 10 va 100 megabit tezliklariga nisbatan ancha tezroqdir va yuqori o'tkazim qobiliyatini ta'minlaydi. Masalan, yuqori aniqlikdagi video uzatish katta hajmdagi fayllarni o'rnatish va ko'rsatish uchun mo'ljallangan. Gigabit Ethernetning asosiy xususiyatlari: Yuqori tezlik: 1 Gbps (1000 Mbps) ma'lumotlar uzatish tezligi. Standartizatsionligi: Texnologiya IEEE 802.3ab standartiga muvofiq shaklda. To'liq o'lchamli muxlislarni qo'llab-quvvatlaydi (10GbE) va simli, avtomatik muxliklarni (autonegotiation) o'rnatishni qo'llaydi (auto-sensing) va full-duplex rejimida ishlaydi. Keng qo'llanilish: Uy tarmoqlari, korporativ tarmoqlar, serverlar, ma'lumotlar markazlari va boshqalarda qo'llaniladi. Gigabit Ethernetning butun xil standartlari Gigabit Ethernetning bir nechta standartlari mavjud bo'lib, ular ishlatiladigan jamoaviy muhit va boshqa xususiyatlariga qaratilgan. Standart jamoaviy muhit tezligi: 1000BASE-T Twisted-pair ma'lumot 100 metr 1000BASE-SX ko'chmasdagi optik tolali kabel 550 metr 1000BASE-LX ko'chmasdagi optik tolali kabel 10 km 1000BASE-CX Twisted-pair ma'lumot 25 metr 1000BASE-BT BT-Bluetooth optik tolali kabel 10 km (juzg'irilmagan) Gigabit Ethernetning afzalliklari: Yuqori tezlikdagi ma'lumotlar uzatish. Keng qo'llanilish: Korporativ tarmoqlar, bilim yurtlari va boshqalarda qo'llaniladi. Gigabit Ethernetning kamchiliklari: Yuqori narx (boshqacha) Ko'p miqdordagi energiya optik tolali kabelni kash etish uchun. Xotira qabul qilinishi. Gigabit Ethernet - kompaniya tarmoq texnologiyasida muhim o'rin egallaydigan yuqori tezlikdagi va ishonchli ma'lumot uzatish texnologiyasi hisoblanadi.

Intellektual tizim orqali tekshiruv natijalari:

O'rnatilish: 60 %

Tezlik: Javob Gigabit Ethernet haqida juda to'liq va tushunarli ma'lumot beradi. Uning xususiyatlari, standartlari, afzalliklari va kamchiliklari aniq va tizimli tarzda bayon qilingan. Jadval shaklida standartlarni keltirish ma'lumotni yanada oson o'qiladigan qildi. Biroq, ba'zi bir jihatlarini chuqurroq tushuntirish mumkin edi, masalan, har bir standartning o'ziga xos xususiyatlari va qo'llanilish sohasi haqida batafsilroq ma'lumot.

Tavsiya: Javobni yanada boyitish uchun, har bir 1000BASE standartining o'ziga xos xususiyatlari, qo'llanilish sohasi va boshqa standartlardan farqi haqida qo'llanilish ma'lumot qo'llanilish tavsiya etiladi. Shuningdek, Gigabit Ethernetning boshqa Ethernet texnologiyalari bilan taqqoslash va kelajagi haqida qisqacha ma'lumot berish foydali bo'lar edi. Misol uchun, 10 Gigabit Ethernet yoki undan yuqori tezlikdagi texnologiyalar bilan taqqoslash.

Xulosa: Umumiy o'lganda, javob savolga to'liq va siltatib javob beradi. Ba'zi bir qo'llanilish ma'lumotlar bilan yanada yaxshilanishi mumkin.

Javob qabul qilindi sanasi: 2023-03-19 12:12:19

Figure 3. Students submit independent learning assignments and receive evaluation by AI

Challenges and Risks of Digital Innovations

Despite the benefits of AI and digital technologies, certain challenges remain:

1. **Digital Inequality** – Differences in access to technology and digital literacy levels can create disparities among students.
2. **Cognitive Biases** – AI algorithms may produce biased results if trained on incomplete or biased data. For example, in economics assignments, AI might emphasize only positive aspects while ignoring negative consequences, preventing students from obtaining a comprehensive understanding of a topic.
3. **Information Security** – AI processes students' personal data, and misconfigurations or security vulnerabilities can lead to privacy breaches. Universities must develop specific security protocols to mitigate these risks.

4. Teacher Preparedness – Despite the widespread use of AI in Uzbekistan's education sector, some educators still lack sufficient digital competencies, limiting their ability to effectively utilize these technologies.

The Current State and Future Prospects of AI in Uzbekistan's Higher Education

AI integration into education is well-supported by government policies in Uzbekistan. The "Digital Uzbekistan – 2030" initiative has driven digitalization, and many universities successfully use AI-powered platforms. Online courses, virtual experiences, and personalized learning resources provide students with high-quality education. While international platforms like Labster and Ideogram are widely used, Uzbekistan has also made notable progress in this field.

To further develop AI applications in education, the following steps are crucial:

- Expanding AI tools that support the Uzbek language to facilitate easier comprehension of educational materials.
- Organizing additional training courses to enhance teachers' digital literacy.
- Strengthening collaboration between local universities and international technology companies.

Conclusion

Digital innovations, particularly AI, play a crucial role in modernizing higher education. They offer personalized learning, increased educational efficiency, and greater flexibility. While Uzbekistan has made significant strides in implementing AI in education, challenges such as digital inequality, information security, and teacher training require further attention. Developing local AI solutions and strengthening digital infrastructure will improve the quality of education. Therefore, continuous efforts through government policies and private-sector partnerships are necessary for further advancements in this field.

REFERENCES

олкин А. Л. Инструментальные средства разработки интеллектуальных информационных систем/учебник-Лань, 2025. 140-с. Санк Петербург -Москва

bragimov U.M., Xalilov F.V. Intellectual tizimlar asosida talabalar mustaqil ta'limini loyhalash/ Муғаллим ҳам ўзликсиз билимлендириў/Илимий-методикалық журнал 2024 6/2-сан, 65-77 б.

акитов, А.И. Высшее образование и искусственный интеллект: эйфория и алармизм / А.И. Ракитов // Высшее образование в России. – 2018. – № 6. – С.

AI-DRIVEN INNOVATIONS IN MEDICAL DECISION-MAKING AND PATIENT CARE

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17517240>

Goyarchin Najafli
najafliigycn@gmail.com
Nakhchivan State University,
Nakhchivan, Azerbaijan

ABSTRACT

Artificial Intelligence (AI) has become a cornerstone in the transformation of modern healthcare, playing an increasingly critical role in medical decision-making and patient care. With the exponential growth of healthcare data, AI technologies such as machine learning, deep learning, and natural language processing are being leveraged to enhance diagnostic accuracy, improve clinical workflows, predict patient outcomes, and personalize treatment strategies. These innovations range from AI-powered diagnostic imaging tools that outperform traditional methods in detecting complex diseases to predictive models that can forecast patient deterioration or readmission risks.

Moreover, AI is revolutionizing patient care by supporting real-time monitoring, enabling robotic surgeries, and automating administrative processes—ultimately improving efficiency, reducing human error, and allowing medical professionals to focus more on direct patient interaction. Personalized medicine has greatly benefited from AI through genomic data analysis and patient-specific treatment protocols, shifting from generalized care models to precision healthcare.

However, the integration of AI into healthcare also raises significant ethical, legal, and practical challenges, including algorithmic bias, data privacy concerns, lack of transparency, and the need for robust regulatory frameworks. This paper aims to provide a comprehensive overview of how AI is reshaping the landscape of healthcare, discussing current applications, major breakthroughs, barriers to implementation, ethical dilemmas, and future trends.

Keywords: *artificial intelligence, medical decision-making, patient care, diagnostic accuracy, predictive analytics, clinical support, personalized medicine*

Introduction

In recent years, Artificial Intelligence (AI) has emerged as a transformative force in healthcare. The integration of AI into the medical field is rapidly changing how professionals diagnose diseases, predict patient outcomes, manage resources, and deliver care. By harnessing the power of data and sophisticated algorithms, AI systems can analyze vast quantities of clinical information at speeds unattainable by humans, leading to faster, more accurate, and often earlier diagnoses.

Healthcare systems around the world are embracing AI to address challenges such as physician shortages, increasing patient demand, and the growing complexity of treatment options. AI applications are being deployed in diagnostic imaging, robotic surgery, electronic health records (EHRs), remote patient monitoring, and even mental

health assessment. The shift towards personalized medicine is particularly driven by AI's ability to interpret genetic, lifestyle, and clinical data to tailor treatments for individual patients. (Ramesh, & Fisher, 2019,105.)

This introduction explores the foundational role of AI in transforming medical decision-making and patient care, emphasizing its potential, current use cases, and the need for cautious, ethical integration. In recent years, Artificial Intelligence (AI) has emerged as a groundbreaking and transformative force across numerous industries, with healthcare standing out as one of its most promising frontiers. The integration of AI into modern medicine is revolutionizing how healthcare professionals approach diagnosis, treatment planning, and overall patient management. With the ability to process vast volumes of data at speeds far beyond human capability, AI systems are uniquely positioned to uncover patterns and insights that may otherwise go unnoticed, thus enabling faster, more accurate, and often earlier diagnoses of complex conditions.

The global healthcare sector is currently facing multiple challenges, including physician shortages, rising operational costs, and an ever-growing demand for high-quality, accessible medical services. AI offers innovative solutions to address these pressures by enhancing clinical workflows, reducing human error, and optimizing resource allocation. In particular, the use of AI in diagnostic imaging, robotic-assisted surgeries, electronic health records (EHRs), and predictive analytics is already demonstrating significant improvements in patient outcomes and system efficiency.

Moreover, AI is playing a critical role in advancing personalized medicine—tailoring treatments to the genetic, clinical, and lifestyle profiles of individual patients. From analyzing genomic data to predicting drug responses, AI helps clinicians make more informed, patient-specific decisions. However, while AI promises transformative benefits, it also introduces ethical, legal, and technical challenges that demand careful consideration. Issues such as data privacy, algorithmic bias, and the need for transparent, explainable models are crucial to ensuring that AI technologies are used responsibly.

1. Enhancing Diagnostic Accuracy

One of the most transformative applications of AI in healthcare is its ability to improve diagnostic accuracy. AI-powered image recognition systems, particularly those using convolutional neural networks (CNNs), have shown exceptional capabilities in analyzing medical imaging such as X-rays, MRIs, CT scans, and mammograms. For instance, AI algorithms are now being used to detect breast cancer in mammograms with accuracy rates comparable to experienced radiologists. In pathology, AI can assist in identifying abnormalities in tissue samples and help in grading cancers more consistently. (Obermeyer, Z., & Emanuel, 2016,p.380.)

Beyond imaging, AI tools are being integrated into electronic health record (EHR) systems to analyze structured and unstructured patient data—such as lab results, clinical notes, and genetic profiles—identifying patterns that may be indicative of conditions like sepsis or rare genetic diseases. These tools reduce diagnostic delays, support second opinions, and minimize the risks of misdiagnosis.

2. Personalized Treatment Plans

AI is playing a crucial role in the move toward personalized and precision medicine. By analyzing vast datasets that include genetic information, lifestyle factors, prior treatment responses, and environmental variables, machine learning models can

predict how individual patients might respond to specific therapies. This is particularly evident in oncology, where AI can help identify the most effective chemotherapy regimens or immunotherapy targets for a specific tumor based on genomic data.

Furthermore, AI can dynamically adjust treatment plans as new data becomes available—such as patient vitals, lab results, and response to medications—allowing for more adaptive and responsive healthcare. This individualized approach reduces adverse drug reactions, increases treatment efficacy, and leads to better patient outcomes overall.

3. Predictive Analytics and Risk Assessment

Predictive analytics, driven by AI, enables clinicians to anticipate health risks and intervene early. By analyzing patient data, including demographics, clinical history, and real-time monitoring inputs, AI models can identify trends and flag high-risk patients. For example, AI can predict the likelihood of cardiovascular events, hospital readmissions, or disease flare-ups in chronic conditions like diabetes and asthma.(Esteva,2019, p.25)

Hospitals are increasingly using AI tools to monitor patients continuously and alert staff about potential deterioration, even before symptoms become overt. This proactive approach supports preventive medicine, optimizes resource allocation, and improves patient safety, particularly in intensive care units (ICUs) and emergency departments.

4. Virtual Health Assistants and Chatbots

AI-driven virtual assistants and chatbots are transforming patient interaction and support services. These tools can handle a wide array of tasks, from answering common health-related questions and guiding patients through symptom checkers to assisting in medication adherence and lifestyle management. Natural language processing (NLP) allows these systems to understand and communicate with patients in a human-like manner.

Moreover, virtual assistants are accessible around the clock, providing support outside of traditional clinic hours. This is especially beneficial for managing chronic diseases, mental health support, and follow-up care, as it improves accessibility and continuity of care. These tools also reduce the workload on healthcare professionals, allowing them to focus on more complex clinical tasks.

5. Clinical Decision Support Systems (CDSS)

AI-enhanced Clinical Decision Support Systems (CDSS) provide physicians with actionable insights at the point of care. These systems synthesize patient-specific information alongside the latest clinical guidelines, published studies, and historical data to suggest diagnoses, recommend tests, and highlight potential treatment options.

For example, in prescribing medication, CDSS can alert clinicians about potential drug interactions, suggest dosage adjustments based on renal function or weight, and provide guidance on contraindications. In emergency medicine, CDSS can help in rapid triage by prioritizing critical cases based on vital signs and presenting symptoms. This level of support enhances clinical judgment, reduces errors, and leads to better-informed decision-making.

6. Operational Efficiency and Resource Management

AI technologies are not limited to clinical tasks—they are also revolutionizing the operational side of healthcare. Automation of administrative workflows such as medical billing, coding, patient scheduling, and claims processing helps reduce overhead costs and

clerical errors. AI chatbots are being used in customer service roles to handle appointment bookings and answer insurance-related queries efficiently. (Jiang, 2017, p 233)

In hospital management, AI tools analyze historical and real-time data to optimize staffing, manage patient flow, and forecast inventory needs. Predictive models can also anticipate peak admission times, helping healthcare facilities allocate resources more effectively. These improvements in operational efficiency translate into shorter wait times, better use of facilities, and improved patient satisfaction.

7. Ethical Considerations and Challenges

Despite the immense potential of AI in healthcare, its adoption presents significant ethical and practical challenges. A key concern is data privacy—AI systems require access to large volumes of sensitive patient data, necessitating robust security measures and strict compliance with privacy laws such as HIPAA and GDPR.

Another major issue is algorithmic bias, where AI models trained on non-diverse datasets may produce inaccurate or unfair outcomes, especially for underrepresented groups. Ensuring fairness and equity in AI-driven decisions is crucial to prevent healthcare disparities.

Moreover, the question of accountability arises—when an AI system provides an incorrect recommendation, determining responsibility can be complex. Clinicians must remain the final decision-makers, with AI serving as a support tool rather than a replacement. There is also a growing need for transparency and explainability in AI systems so that healthcare providers and patients can understand how conclusions are reached.

Finally, there's the issue of accessibility—the benefits of AI should not be confined to high-income countries. As AI continues to evolve, it promises to empower both doctors and patients, ultimately leading to a more proactive, data-informed, and compassionate healthcare system. Artificial Intelligence (AI) has emerged as a central force in the ongoing revolution within the healthcare sector, significantly enhancing the ways medical professionals approach diagnostics, patient care, and treatment planning. As healthcare systems worldwide face unprecedented challenges such as physician shortages, rising patient demand, and the complexity of treatment options, AI stands as a solution that not only augments existing capabilities but also reshapes the entire healthcare delivery framework. With its remarkable ability to process vast amounts of data in real-time, AI is transforming the speed and accuracy of diagnoses, enabling healthcare professionals to identify diseases at earlier, more treatable stages, and even predict potential health risks before they manifest. (Topol, E. 2019, p. 33.)

From predictive diagnostics to automated surgeries and intelligent patient monitoring systems, AI is empowering healthcare providers with cutting-edge tools that enhance their efficiency and decision-making capabilities. Machine learning algorithms can now analyze medical images with higher accuracy than human clinicians, and predictive analytics can anticipate a patient's condition trajectory, allowing for timely interventions that could prevent costly and often life-threatening complications. These advancements are helping to reduce the burden on overworked healthcare staff, increase patient satisfaction, and reduce the overall cost of healthcare by improving operational efficiency.

Moreover, AI's ability to deliver personalized healthcare solutions is revolutionizing the concept of precision medicine. By analyzing a patient's genetic, environmental, and lifestyle data, AI can suggest tailored treatment plans that are uniquely suited to individual needs, thereby improving outcomes and reducing side effects. This shift from one-size-fits-all treatment regimens to individualized care represents a dramatic leap forward in how healthcare is provided, with a direct impact on patient recovery rates, satisfaction, and quality of life.

However, despite its immense potential, the integration of AI into healthcare must be handled with great responsibility. One of the key challenges lies in addressing ethical concerns surrounding the use of sensitive medical data, ensuring patient privacy, and preventing algorithmic biases that may inadvertently perpetuate health disparities. The transparency and explainability of AI systems are paramount to maintaining trust in these technologies. It is crucial that AI systems in healthcare are not seen as black boxes, but rather as tools that can be fully understood, interpreted, and controlled by human professionals. This will ensure that the ethical standards of medical practice—such as informed consent, patient autonomy, and equitable care—are maintained.

Furthermore, the deployment of AI technologies must not overshadow the critical human elements of healthcare. AI should be viewed as a complement to human expertise, not a replacement. While AI can greatly enhance clinical decision-making by providing doctors with more data-driven insights, it cannot replicate the empathy, compassion, and nuanced judgment that healthcare professionals bring to their patients. The future of medicine will depend on a balanced partnership between intelligent machines and human healthcare providers, with AI empowering professionals to make better decisions while allowing patients to remain at the center of their care.

Looking ahead, the future of healthcare lies in the seamless integration of AI into clinical practices, research, and patient management systems. As AI technologies continue to evolve and improve, they will enable healthcare systems to become more proactive, efficient, and personalized, ultimately leading to better health outcomes for individuals around the world. However, to ensure that AI fulfills its transformative potential, ongoing collaboration between technology developers, healthcare providers, policymakers, and ethical oversight committees will be essential. This collective effort will ensure that AI in healthcare remains a tool for good—one that not only improves the quality of care but also safeguards the values of equity, transparency, and patient-centricity.

In conclusion, AI represents a powerful catalyst for change in healthcare, offering unprecedented opportunities for improving patient care, streamlining medical processes, and reducing the strain on healthcare systems. With careful and responsible implementation, AI will undoubtedly play a central role in shaping the future of medicine—empowering doctors, enhancing patient outcomes, and creating a more compassionate, efficient, and sustainable healthcare ecosystem for generations to come.

REFERENCES

1. Topol, E. (2019). *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*. Basic Books.

2. Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., ... & Wang, Y. (2017). Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology*, 2(4), 230-243.
3. Obermeyer, Z., & Emanuel, E. J. (2016). Predicting the future — big data, machine learning, and clinical medicine. *New England Journal of Medicine*, 375(13), 1216-1219.
4. Esteva, A., Robicquet, A., Ramsundar, B., Kuleshov, V., DePristo, M., Chou, K., ... & Dean, J. (2019). A guide to deep learning in healthcare. *Nature Medicine*, 25(1), 24-29.
5. Ramesh, A., & Fisher, S. (2019). Artificial Intelligence in Health Care: Past, Present, and Future. *Medical Innovations*, 5(2), 102-110.

XÜLASƏ

Təqdimatda xüsusi olaraq SI-nin diaqnostik dəqiqliyi artırması, fərdiləşdirilmiş müalicə planlarının hazırlanması və ümumilikdə səhiyyə sistemlərində əməliyyat səmərəliliyinin yüksəldilməsi kimi aspektlər ön plana çıxarılır. Maşın öyrənməsi, dərin öyrənmə və təbii dilin emalı kimi texnologiyalar həkimlərin klinik qərarlarının daha əsaslı və sübuta dayalı olmasını təmin edir. Eyni zamanda, bu texnologiyalar pasiyentlərə daha sürətli, daha dəqiq və onların fərdi ehtiyaclarına uyğun xidmət göstərilməsinə imkan yaradır.

Bundan əlavə, SI-nin istifadəsi ilə əlaqədar olaraq ortaya çıxan etik məsələlər – o cümlədən məlumat məxfiliyi, alqoritmik qərar və insan amilinin qərar qəbul etmədə rolu – təqdimatda ətraflı müzakirə edilir. Təhlükəsiz və ədalətli sistemlərin yaradılması üçün tənzimləyici çərçivələrin formalaşdırılması zərurəti vurğulanır.

Sonda isə SI-nin səhiyyədəki gələcək inkişaf istiqamətləri, süni intellektə əsaslanan proqnostik modellərin və uzaqdan pasiyent monitorinq sistemlərinin potensialı, habelə tibb işçiləri ilə texnologiyanın əməkdaşlıq içində işləyəcəyi yeni model araşdırılır. Bu yanaşma gələcəkdə səhiyyə xidmətlərinin daha humanist, səmərəli və fərdiləşdirilmiş şəkildə təşkil edilməsinə zəmin yaradır.

Açar sözlər: *süni intellekt, tibbi qərar qəbul etmə, pasiyentə qulluq, diaqnostik dəqiqlik, proqnoz analitikası, klinik dəstək, fərdi tibbi müalicə*

РЕЗЮМЕ

В данной презентации всесторонне рассматривается трансформирующая роль Искусственного Интеллекта (ИИ) в современной системе здравоохранения, особенно в области принятия медицинских решений и ухода за пациентами. Интеграция ИИ-технологий в сферу медицины имеет важное значение как для повышения качества диагностических процессов, так и для развития ориентированных на пациента подходов. В отличие от традиционных медицинских методов, алгоритмы ИИ способны анализировать большие объемы клинических данных за короткое время и предоставлять высокоточные результаты, что способствует более раннему выявлению заболеваний и формированию эффективных стратегий лечения.

Особое внимание в презентации уделяется повышению диагностической точности с помощью ИИ, созданию индивидуализированных планов лечения и повышению операционной эффективности в системах здравоохранения. Технологии, такие как машинное обучение, глубокое обучение и обработка естественного языка, помогают врачам принимать более обоснованные и доказательные клинические решения. Кроме того, они способствуют более быстрой, точной и персонализированной помощи пациентам.

Также рассматриваются этические аспекты использования ИИ, включая конфиденциальность данных, алгоритмическую предвзятость и роль человеческого фактора в принятии решений. Отмечается необходимость создания регулирующих рамок для обеспечения безопасности и справедливости подобных систем.

Ключевые слова: искусственный интеллект, медицинское принятие решений, уход за пациентами, точность диагностики, прогностическая аналитика, клиническая поддержка, персонализированная медицина

MULTİFAKTORİAL XƏSTƏLİKLƏRDƏN ŞƏKƏR XƏSTƏLİYİNİN AŞKARA ÇIXARILMASINDA SÜNİ İNTELLEKTİN ROLU

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17517255>

A.e.f.d. Güləbatın Hübətova

humbatovagulebatin@gmail.com

ORCID : 0009-0009-0513 - 9216

Gəncə Dövlət Universiteti Hublik Hüquqi Şəx. Anatomiya

XÜLASƏ

Hazırkı, dövrdə irsi və multifaktorial xəstəliklərin müəyyən edilməsi və onların hansı mutasiyaların nəticəsində əmələ gəlməsi, nəsildən nəsilə keçməsinin irsiyyət tipinin müəyyən edilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Yer kürəsində insan sayının artması fonunda irsi və multifaktorial xəstəliklərə səbəb olacaq mutasiyalar, gen dəyişikliklərinin xüsusi üsullarla daha asan və əlçatan formada müəyyən edilməsi müasir elm qarşısında duran qlobal problemlərdən biridir. İnsanda gen mutasiyalarının çoxluğunun və DNT zəncirinin böyüklüyünü nəzərə alaraq, irsi və multifaktorial xəstəlikləri yaradan genlərin və gen qruplarının yerlərinin müəyyən edilməsi çətinlik təşkil edir. Bu çətinliyin aradan qaldırılmasında əsas faktorlardan biri son illərdə bütün elm sahələrinə nüfuz etmiş süni intellekt və onun əsasında yaradılmış alətlərdir. Süni intellekt sayəsində çox qısa bir müddətdə hər hansı bir gen dəyişikliyi müəyyən edib irsi və multifaktorial xəstəlikləri proqnozlaşdırmaq mümkün olur.

Açar sözlər: *süni intellekt, genom, multifaktorial xəstəlik, şəkərli diabet, 2 tip diabet, gen qrupları, monogen, poligen*

Giriş. İnsanın irsi və multi faktorial xəstəliklərinin işrəisndə ən geniş halda yayılmış xəstəliklərdən biri də şəkərli diabetdir ki, Ümumdünya Səhiyyə Təşkilatının (ÜST) dəstəyi ilə NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC) tərəfindən aparılan təhlil diabet epidemiyasının miqyasını və xüsusilə aşağı və orta gəlirli ölkələrdə həm artan xəstəlik nisbətlərini, həm də müalicə boşluqlarını aradan qaldırmaq üçün daha güclü global fəaliyyətə təcili ehtiyac olduğunu vurğulayır. ÜST-in 2024 -cü il noyabr ayına olan məlumatına görə dünya üzrə şəkərli diabet xəstəlikli insanların sayı 800 milyon nəfəri keçmişdir ki, bu 1990 -cı ildən bəri 4 dəfə artım deməkdir. Bu xəstəliyin belə sürətlə yayılmasının multifaktorial səbəbləri olsa da ən önəmli faktorlardan biri də irsi gen faktorudur.

Şəkərli diabet (hər iki tipli olanı) iyirmi birinci əsrin ən geniş yayılmış sağlamlıq problemlərindən biri kimi hesab olunur. Epidemik bir xəstəlik kimi yayılan 2 ci tip diabetli şəkər stabil həyata keçid, yemək vərdişlərinin dəyişməsi və bunun nəticəsində piylənmənin artması və işsizlik, yoxsulluq və sosial çöküş kimi şəhər həyatının gətirdiyi digər problemlərdən qaynaqlanaraq daha da sürətli yayılır. Bu kimi multifaktorial amillər

xəstəliyin daha erkən başlamasına səbəb olur və dünya üzrə yaş səviyyəsinin aşağı düşməsinə səbəb olmuşdur. 2 ci tip diabetin inkişafında genetik faktorların, eləcə də ətraf mühit faktorlarının təsiri diqqəti cəlb edir. Genetik ötürülmə ailə müayinələrində və əkizlik tədqiqatlarında aydın şəkildə göstərilmişdir. (Lyssenko V, 2005, 74 s)

Tədqiqat obyektini kimi müxtəlif yaş qrupları arasında geniş yayılmış irsi dəyişikliklər və ətraf mühitin dəyişkən fonunda yaranan, irsi xəstəliklər içərisində əhəmiyyətli çəkiyə malik olan diabet tiplərini daşıyan insanların genetik test nümunələri əsas götürülmüşdür. Test nümunələri GTR, GWA və MVL Vision Panel kimi laboratoriya saytlarından əldə edilmişdir

Ailəsində (xüsusilə birinci dərəcəli qohumlarında) şəkərli diabet xəstəsi olan şəxslərdə diabet inkişaf riskinin əhəmiyyətli dərəcədə artdığı göstərilmişdir. Ancaq 2-ci tip diabet poligenik təbiətli olduğu üçün 90-cı illərdən başlayan genetik tədqiqatlar 2007-ci ildən başlayaraq daha sürətli irəliləməyə başladı. Bu tədqiqatlar Genom Wide Association (GWA) araşdırmaları ilə sürət qazanaraq, bu gün də yavaşlamadan davam edir. Aparılan tədqiqatlar klinik cəhətdən kifayət qədərdir və artıq heterogen 2 ci tipli diabet də genetik olaraq proqnozlaşdırıla bilər. 2 ci tip diabet əvvəllər düşünüldüyündən daha heterogen olduğu və indi elm dünyasının həll etmək istədiyi "genetik tapmacaya" çevrildiyi ortaya çıxıb. Davam edən intensiv tədqiqatların məqsədi təkcə bu tapmacanı həll etmək deyil, həm də onu vaxtında həll etmək, xəstəliyin yaranmasında təsirli olan molekulyar amil mexanizmlərinin aşkarlanması, əldə edilən genetik məlumatlara görə 2 tip diabetin inkişaf riskini proqnozlaşdırmaq və sonda xəstəliyin klinik nəticəsini müəyyən etmək üçün mövcud əldə edilmiş genetik məlumatdan istifadə olunmasıdır.

2 Tip diabetin genetik multifaktorial bir xəstəlik olmasına və meydana çıxmasında genetik faktorların böyük rol oynamasına aid əhəmiyyət kəsb edən sübutlar vardır. Bu fikirə gəlinməsində əsas səbəbi etnik qruplarda və izolyasiya halında yaşayan bəzi populyasiyalarda (tayfalarda və yerlilərdə), misal üçün Pima yerlilərində Sakit okean Adalarında yaşayanlarda (Nauru), Avustralyalı Aborijenlərdə və Meksikalı-Amerikanlarda, tip 2 diabetin prevalansı 20% -dən yüksəkdir. Pima yerlilərində (50%) olduğu gibi bu etnik qruplarda 2 i tip diabet sıklığı təkcə ətraf mühit faktorları ilə izah oluncaq qədər yüksəkdir. Bununla yanaşı, ailə qruplaşmalarının olması, əkilər üzərində aparılan tədqiqatların da genetik irsiliyə zəmin verir. (American Diabetes Association (ADA), 2015. 8-16). Diabetik bir fərdin qardaş-bacılarında 2 ci tip diabetin əmələ gəlmə riskini ümumi populyasiyada yayılma faizi ilə qarşılaşdırdıqda 4 qat daha artıq olduğu üzə çıxır. Ayrıca, 2 cili tip diabetiklərin birinci dərəcə yaxınlarında insülin həssaslığının daha az olduğu və gələcəkdə diabetin də daha sıx olduğu göstərilmişdir. Bunun yanı sıra monoziqotik əkilər arasındakı 41-55% konkordluğun olması dizigotik əkilərdə 10-15% konkordluğa malik olmasına görə olduqca yüksək olması 2ci tip diabet patogenezinə genetik qrupların rolunu göstərən əhəmiyyətli sübulardır. (Wild S, Roglic G, 2004, 53s)

2-ci tip diabet xəstəliyi klinik olaraq heterogen bir xəstəlikdir. Bu səbəbdən də diabetin genetik zəmində də heterogen olduğu düşünülür. Amma 2 tip diabet üçün müəyyən edici bir gen yoxdur yəni poligenik olub şəxsdən şəxsə dəyişir və müxtəlif gen variantlarının arasındakı təsirlərdən də yarana bilir. Diabetin monogenetik formalarından biri də MODY (Maturity onset diabetes of the young) – erkən gənclik yaşında diabetdir. Bu forma diabetdə tək bir gendə baş verən nadir mutasiya xüsusi klinik və fenotipik xüsusiyyətlərə malik olub yüksək fenotipik penetrantlıq ilə xarakterizə olunur. Penetrantlıqda genotip və fenotip üzrə nisbət 1-ə bərabərdir. Bu səbəbdən də mutasiyanın meydana çıxması ilə xəstəliyin kəskin formasının meydana çıxması ilə paralel gedir. Monogenetik diabetin patogenezinə genetik faktor əsas rol oynadığı üçün ətraf mühit amillərinin elə də rolu yoxdur. Diyabetlərin daxilində çox az sayda rast gəlinən monogenetik formalar genetik cəhətdən hərtərəfli təhlil edilmişdir. İndiyə qədər öyrənilən MODY tipləri və ilişkili olduqları genlər bütövlükdə öyrənilmişdir. (Polonsky K.S, 2008)

Poligenik diabet olan 2-ci tip diabet, ən çox rast gəlinən diabet forması olub ümumi diabetlərin içərisində 90-95% təşkil edir. Poligenik ya da multifaktorial olaraq da adlandırılan kompleks 2-ci tip diabet bir çox fərqli genin birlikdə fəaliyyətdə olduğu genetik zəmin və ətraf mühit amillərinin birlikdə təsirinin nəticəsidir. Bu kimi heterogenlik xəstəliyin ortaya çıxma yaşı, irəliləyişi və müalicəyə olan münasibətinə görə fərdlər arasında müxtəlifliyin yaranmasına səbəb olur. Belə müxtəlifliklər xəstəliyin altında yatan səbəblərin və genetik risk faktorlarının ortaya çıxarılmasına yönəlmiş tədqiqatlar olduqca artırılmışdır. Bu məqsədlə 90-cı illərdən başlayan diabetin genetik tədqiqatları hələ də davam etməkdədir və bu müddət ərzində olduqca əhəmiyyətli nəticələr əldə edilməsinə baxmayaraq hələ də aydın olmayan məsələlər vardır. Son illərdə ən böyük genetik məlumatlar bazası olan NCBİ -nin (National Center for Biotechnology Information) National Library of Medicine sahifəsinin GTR (Genetic Testing Registry məlumatlarına əsasən 2-ci tip diabetin fenotip və gen əlaqələri aşağıdakı cədvəldə verilmişdir. Cədvəldəki məlumatlar DNT sekvenləşməsi metodikası ilə işlənmişdir. Yuxarıda da qeyd edildiyi cədvəldən aydın olur ki, 2-ci tip diabet xəstəliyi poligenetik təbiətli olub bir sıra gen sahələrində baş verən mutasiyalar nəticəsində fenotipik klinik təzahürləri ilə meydana çıxır.

Cədvəl 1.

Phenotype-Gene Relationships for Type 2 diabetes mellitus

Location	Phenotype	Phenotype MIM number	Inheritance	Phenotype mapping key	Gene/Locus	Gene/Locus MIM number
2q24.1	{Type 2 diabetes mellitus, susceptibility to}	125853	AD	3	GPD2	138430
2q31.3	{Type 2 diabetes mellitus, susceptibility to}	125853	AD	3	NEUROD1	601724
2q36.3	{Type 2 diabetes mellitus, susceptibility to}	125853	AD	3	IRS1	147545
3p25.2	Insulin resistance, severe, digenic	125853	AD	3	PPARG	601487
3p25.2	{Diabetes, type 2}	125853	AD	3	PPARG	601487
3q26.2	{Diabetes mellitus, noninsulin-dependent}	125853	AD	3	SLC2A2	138160
3q27.2	{Diabetes mellitus, noninsulin-dependent, susceptibility to}	125853	AD	3	IGF2BP2	608289
4p16.1	{Diabetes mellitus, noninsulin-dependent, association with}	125853	AD	3	WFS1	606201
5q34-q35.2	{Diabetes mellitus, noninsulin-dependent}	125853	AD	2	NIDDM4	608036
6p21.31	{Type 2 diabetes mellitus, susceptibility to}	125853	AD	3	HMGA1	600701
6q23.2	{Diabetes mellitus, non-insulin-dependent, susceptibility to}	125853	AD	3	ENPP1	173335
7p15.3	{Type 2 diabetes mellitus}	125853	AD	3	IL6	147620
7p13	Diabetes mellitus, noninsulin-dependent, late onset	125853	AD	3	GCK	138079
7q31.1	Insulin resistance, severe, digenic	125853	AD	3	PPP1R3A	600917
7q32.1	Diabetes mellitus, type 2	125853	AD	3	PAX4	167413

Location	Phenotype	Phenotype MIM number	Inheritance	Phenotype mapping key	Gene/Locus	Gene/Locus MIM number
8q24.11	{Diabetes mellitus, noninsulin-dependent, susceptibility to}	125853	AD	3	SLC30A8	611145
10q25.2-q25.3	{Diabetes mellitus, type 2, susceptibility to}	125853	AD	3	TCF7L2	602228
11p15.1	Diabetes mellitus, noninsulin-dependent	125853	AD	3	ABCC8	600509
11p11.2	{Diabetes mellitus, noninsulin-dependent}	125853	AD	3	MAPK8IP1	604641
11q14.3	{Diabetes mellitus, type 2, susceptibility to}	125853	AD	3	MTNR1B	600804
12q24.31	{Diabetes mellitus, noninsulin-dependent, 2}	125853	AD	3	HNF1A	142410
13q12.2	{Diabetes mellitus, type II, susceptibility to}	125853	AD	3	PDX1	600733
13q34	{Diabetes mellitus, noninsulin-dependent}	125853	AD	3	IRS2	600797
15q21.3	{Diabetes mellitus, noninsulin-dependent}	125853	AD	3	LIPC	151670
17q12	Type 2 diabetes mellitus	125853	AD	3	HNF1B	189907
19p13.2	{Diabetes mellitus, noninsulin-dependent, susceptibility to}	125853	AD	3	RETN	605565
19p13.2	{Hypertension, insulin resistance-related, susceptibility to}	125853	AD	3	RETN	605565
19q13.2	Diabetes mellitus, type II	125853	AD	3	AKT2	164731
20q13.12	{Diabetes mellitus, noninsulin-dependent}	125853	AD	3	HNF4A	600281
20q13.13	{Insulin resistance, susceptibility to}	125853	AD	3	PTPN1	176885

Dünya populyasiyası daxilində diabet xəstəliyinin ilkin formada aşkara çıxarılması ən önəmli problemlərdən biri olaraq qalır. Hazır ki dövrdə süni zəka alqoritmlərindən istifadə olunaraq şəkərli diabetin vaxtında , yəni erkən dövründə aşkara çıxarılması böyük əhəmiyyətə malikdir. Süni intellekt alətləri kimi. KNN, Logistic Regression, Decision Trees, DVM, Random Forest alqoritmlərindən istifadə edərək nəticələr əldə etmək olur. Bu alqoritmlər içərisində ən yüksək şəkildə doğru nəticə Random Forest və KNN alqoritməsi üzrə olmuşdur. Nu sahədə əsas məsələ müəyyən bir tədqiqat xəstəxanasında şəkərli diabet xəstələrinin simptomatik və xəstəlik anamnezinin göstəricilərinə əsasən 17 sayda müxtəlif simptomlar olmaqla test hazırlanır. Bu testlərə əsasən şəkərli diabet xəstəliyinin erkən mərhələdə müəyyən etmək mümkün olur.

Nəticə. Azərbaycanda da 2-ci tip şəkər xəstəliyi əhali işərisində ən geniş yayılmış xəstəlik olaraq birinci sırada gedir.

2024-cü ilin məlumatlarına əsasən hazırda ölkəmizdə 400 mindən çox şəkər xəstəsi qeydiyyatdadır ki, bu da il ərzində orta hesabla 30 mindən çox artımla davam edir. Eyni zamanda Qonşu Gürcüstan respublikasında bu rəqəm 3 dəfə az olaraq qeyd edilir. Azərbaycan əhalisində diabetin artma səbəbində yaxın qohum evliliklər də əsas faktorlardan biri hesab olunur ki, bu da irsilik faktorunu daha da gücləndirmiş olur. Həmçinin öncədən proqnozlaşmanın zəif inkişaf etməsi və müasir dünyanın istifadə etdiyi süni intellekt alətlərinin çox az sayda olması və insanların bu sahədə məlumatsızlığı və istifadə etməməsi bu problemi daha da artıran səbəblərdəndir. Halbu ki, aşağıdakı cədvəldə qeyd edilən yüngül məlumatlar bazası ilə işləyən proqram sistemləri mövcuddur. Yuxarıda qeyd edilən və araşdırılan məlumatlardan belə nəticəyə gəlmək olar ki, diabet xəstəliyi poligen və ya monogen tipli olmasından asılı olmayaraq daha erkən mərhələdə proqnozlaşdırılması və diaqnoz qoyularaq müəyyən edilməsi xəstəliyinin daha asan idarə edilməsinə və insan həyatının məhvinə səbəb olmadan və geri dönməyən nəticələrə gətirib çıxarmadan yüngülləşdirilməsi xüsusilə əhəmiyyət kəsb edir. Buna görə də müasir kompüter texnologiyaları və süni zəka alətlərində bu sahədə istifadə edilməsi qaçınılmazdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H. Global prevalence of diabetes estimates for the year 2000 and projections for 2030. Diabetes Care 2004; 27:1047-53.
2. Satman I, Omer B, Tutuncu Y, et al. TURDEP-II Study Group. Twelve-year trends in the prevalence and risk factors of diabetes and prediabetes in Turkish adults. Eur J Epidemiol 2013;28:169- 80.
3. Lyssenko V, Almgren P, Anevski D, et al. Predictors of and longitudinal changes in insulin sensitivity and secretion preceding onset of type 2 diabetes. Diabetes 2005;54:166-74.

4. Buse J.B, Polonsky K.S, Burant C.F. Type 2 diabetes mellitus. In: Kronenberg H.M, Melmed S, Polonsky K, Larsen PR, eds. Williams Textbook of Endocrinology. Elsevier, Philadelphia, 2008;1329- 1389.
5. Elbein SC. The genetics of human noninsulin-dependent (type 2) diabetes mellitus. J Nutr 1997;127:1891-6.
6. Zimmet PZ, McCarthy DJ, de Courten MP. The global epidemiology of non-insulin-dependent diabetes mellitus and the metabolic syndrome. J Diabetes Complications 1997;11:60-8.
7. Malecki MT and Klupa T. Type 2 diabetes mellitus: from genes to disease. Pharmacol Rep. 2005;57:20-32.
8. Gloyn AL and McCarthy MI. The genetics of type 2 diabetes. Best Pract Res Clin Endocrinol Metab 2001;15:293-308.
9. Weires MB, Tausch B, Haug PJ, Edwards CQ, Wetter T, Cannon-Albright LA. Familiality of diabetes mellitus. Exp Clin Endocrinol Diabetes 2007;115:634-40.
10. American Diabetes Association (ADA). Diagnosis and classification of diabetes mellitus, Diabetes Care 2015;38(Suppl):8-16.

THE ROLE AND INFLUENCE OF ENGLISH IN INTERNET COMMUNICATION

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17517280>

Gulay Aliyeva

gulay.aliyeva075@gmail.com

Nakhchivan State University

Keywords: *English, internet communication, globalization, online communication, knowledge sharing*

Introduction:

In modern times, the Internet has become the most powerful tool for global communication and information exchange. People from different parts of the world connect with each other and share their knowledge, ideas, and cultures. In this process, the presence of a common language plays an important role in the formation of a common understanding. English acts as the main tool that performs this function. It is widely used not only in international diplomacy and scientific and educational fields, but also in social media, e-mail, blogs, forums, online education platforms, and business correspondence.

The most widespread content on the Internet is in English. Software, websites, and applications, as well as technological innovations, are usually presented primarily in English. Therefore, it is important to know English to operate effectively on the Internet, gain access to modern information and establish contacts with the international community. Thus, English plays the role of the main key to global communication and mutual understanding on the Internet.

It is not by chance that English is so widely used on the Internet. Along with historical, political and economic reasons, the influence of countries that play a leading role in the development of technology, especially the USA and Great Britain, has made this language a means of global communication. Google, Microsoft, Facebook, YouTube and other popular Internet platforms have started operating mainly in English, which has led to the formation of a kind of “standard” between languages. At the same time, the Internet creates great opportunities for those who want to learn English. Through online courses, video lessons, interactive programs and international forums, users both learn the language and get the opportunity to apply it in real communication. This process is an important factor not only for personal development, but also for inter-society understanding and cooperation.

Thus, learning and actively using English in order to fully use the capabilities of the Internet, to be competitive in the modern world and not to be left behind in the flow of information is already a global need.

ENGLISH IN INTERNET COMMUNICATION

Communicating through natural language in an online environment allows learners to participate in real-life situations. Participating in various forms of international communication promotes the acquisition of a foreign language in a natural way. This motivates learners to create their own sentences and expressions,

rather than simply repeating memorized phrases. In this process, learners focus mainly on understanding, restating content, and conveying meaning. As a result, interest in learning English vocabulary and grammatical structures increases, as they are essential tools for communication. Thus, learners pay more attention to using language in the context of texts and situations, and move away from meaningless memorization. Grammar is acquired indirectly through active communication, rather than by learning abstract rules. The formation of communicative and intercultural competence is impossible without real interaction. That is why the use of the Internet when learning English in this approach is important. The Internet provides original opportunities for communicating with real people on topics of interest to both parties. (Irma Igorevna Molchanova,2015,p.135)

In the context of globalization, the importance of interpersonal communication is increasing, and as a result, verbal interaction, especially at the international level, is gaining even more importance. This makes the study of foreign languages one of the main factors in the social, economic and cultural development of society. Knowing a foreign language plays an important role in the formation of a person's personality and increasing the level of education. This creates direct access to the cultural and spiritual values of different peoples and makes it possible to establish meaningful communication with people of different origins. Therefore, it is not surprising that interest in foreign languages, especially English, is growing. The ability to speak English fluently today is already considered one of the indicators of an educated and modern person. Learning a foreign language is no longer an option, but a real necessity. It is almost impossible to find a prestigious job or advance in a career without knowing a foreign language. The desire of our country to establish active and fruitful relations with other countries further increases the importance of learning a foreign language. This change has led to a reconsideration of the goals, methods and content of foreign language education. As a result, the subject of "foreign language" has gained greater importance in higher education today, and motivation for learning in this area has become one of the main priorities. (Irma Igorevna Molchanova,2015,p.135)

One reason for this is that, unlike other major European languages, English has never had a formal language academy to regulate or control how it should be used. In addition, there was a need to create a standard dictionary and to establish common norms for grammar and usage. (Al-Kadi & Ahmed,2018,p.728)

In addition to how people use and accept English and other languages, another important issue worth discussing is the relationship between language and identity. One of the main points closely related to identity is language policy. As English continues to spread globally, the language policy of not only English-speaking countries but also those countries where English is not an official language, especially approaches to promoting this language in various fields, is starting to play a greater role. This clearly shows that the spread of English around the world is not just a result of "linguistic imperialism". In many cases, countries that are economically and politically less powerful adopt and implement this language through their own

initiatives and policies, that is, it is not forced upon them by dominant states. In fact, English has developed and changed significantly over time in social, political, economic and linguistic terms, as it has been widely used in different parts of the world and has been influenced by different cultures. (Anita Dewi,2012,p.5,6)

In modern times, the internet has become an integral part of our lives. People use the internet in many areas, from information search to social networking, from education to the business world. With the globalization of this digital world, English has become the main language of internet communication.

1. Global communication tool - Although English is currently the second most widely used language in the world, it is considered the most dominant language on the Internet. English serves as a common platform for communication between people from different countries. Through this language, users from different nationalities can easily exchange ideas with each other.

2. Most of the content is in English - A large part of the websites, articles, educational materials and videos posted on the Internet are prepared in English. According to statistics, more than 50% of the content on the Internet is in English. This creates a great advantage for people who know English, as they have access to more and better quality information.

3. Technology and programming language - English is not only the language of communication, but also the main language of technological terminology and programming. Most programming languages and technical documents are written in English. This shows that knowing English is of great importance for understanding and developing the technical aspects of the Internet.

4. Social media and pop culture - Most of the trends, memes, videos and various comments spread on social networks are in English. English-language Internet culture is quickly spreading all over the world, which shows the influence of English on global pop culture.

5. Language barrier and injustice - The dominance of English creates certain barriers for other languages. Users who do not speak English may have difficulty accessing some information. However, in recent years, the increase in automatic translation tools and localized content has partially eliminated this problem.

Today, the most widely studied language in the world is English. English is accepted as the main language of communication in political negotiations and international business. It has also become the global language of science and medicine. Even according to international agreements, pilots of passenger aircraft must be able to speak English. This shows how widespread and important the English language is on a global scale. English also opens up new opportunities in the academic world. If the best program in your field is in an English-speaking country, knowing this language will give you the opportunity to study and work with the world's leading scientists. Western universities are increasingly attracting foreign students, scientists and professors, and in this multinational environment, the common working language is English. Not only teaching and education, but also participating in international conferences and publishing articles in foreign scientific journals are key steps to

academic success. And to succeed in all this, a high level of English language proficiency is essential. (Ahmed Habeeb,2017)

By learning a second language, you gain access to new sources of information and different perspectives. For example, you can travel to a country where the language is spoken and practice on the spot. You can develop this skill by watching television programs in that language, reading books, or meeting people in your community who speak that language. Such interactions provide new perspectives on life, which in turn has a positive impact on your emotional well-being. Knowing a second language opens up more opportunities to meet new people. Whether it's interacting with native speakers, volunteering in organizations that promote that language, or teaching your own language to native speakers, learning a new language opens up your circle of communication and the opportunity to positively influence more people. This in turn opens the door to a more fulfilling and meaningful life. In short, learning a second language has many benefits, both personal and social. If you've ever thought about learning another language, consider these opportunities and advantages and take a step towards the new world that awaits you!

There are over seven thousand languages in the world, but over time, one language has gained a dominant position over the others. This dominant language is English. English is now used as a first or second language not only in America and England, but also in most countries of the world. Over time, English has divided into different forms - American English, British (Queen) English, Australian, Canadian English and other variants. Even American English itself is divided into different dialects: Jersey English, East Coast and West Coast dialects, Southern English, street language (slang) and Ebonics have emerged. One of the most important points is that knowing English opens up wide opportunities for people. In the modern globalized world, knowing English allows people to communicate with people from all over the world. This creates the basis for new job opportunities, business partnerships and personal relationships.

At the same time, knowing English not only opens new doors for people, but also helps them succeed in their current workplaces. Because today, many companies require their employees to have English skills, as English is the main language of communication in international business. Also, the world's leading publications, scientific articles and websites are mainly published in English, which gives a great advantage in obtaining information. (S.D. Rakhimjonovna,2025)

The main objective of this study is to examine the multifaceted effects of the internet and social media on the English language. The study intends to identify and analyse the positive and negative changes in lexicon, grammar and communication styles brought about by digital technologies. By examining these changes, it aims to understand how language adapts to technological developments and to propose strategies to preserve the richness and cultural identity of the language in the digital age. Through this analysis, the study contributes to a wider discussion on the dynamic relationship between language and technology.

When working with a scientific text, a person may have difficulty understanding information even in his native language; therefore, when the text is in a foreign language, if the reader does not have sufficient knowledge in that field, the perception of the text becomes even more difficult. In addition, such texts contain a large number of abbreviations, acronyms, noun phrases, references to other materials. Therefore, as a first step, it is important to determine the area of technical English that is needed to work. These areas may include engineering, medicine, design, production, assembly, properties of materials, construction and architecture, calculations and measurements, etc.

However, knowledge of vocabulary on a specific topic is not enough to understand technical foreign language texts. Such texts also widely use complex grammatical structures, such as passive sentences, inversions, gerunds, plurals, numbers, and the use of mathematical symbols. This further complicates the process of translation and comprehension.

The Internet has had a significant impact on the English language – not only in terms of expanding vocabulary, but also in terms of influencing grammatical structures and language norms. Many of these changes are related to the adaptation of the language to new communication formats – short messages, social media, and forums. We observe that this problem is getting worse every year. Especially the younger generation, who cannot imagine their lives without using the internet daily, even hourly. (R.Huseynova,N.Aliyeva,2024)

With the development of the Internet, language itself is changing. The vocabulary of the English language is expanding, new technological terms and abbreviations are entering everyday use. At the same time, grammatical structures are being simplified and new forms of expression are emerging, which is associated with the fast and informal nature of Internet communication.

Social media platforms and forums in particular encourage users to communicate more briefly but effectively. This leads to a more flexible and adaptable form of language. The younger generation uses English extensively in their daily lives, which affects both their language skills and cultural views. At the same time, the widespread use of English on the Internet also poses a threat to the marginalization of other languages and cultures.

Therefore, it is important to preserve cultural diversity and linguistic richness while adapting to the globalization of language. English, as the most widely used language on the internet, has become the main tool for information sharing, social media, email, online education and professional correspondence. This shows that language is not only a means of communication, but also a key to knowledge, cooperation and global citizenship.

One of the key reasons why English is such a dominant force online is its role as the global internet language. Many technological advancements, including the internet itself, originated in English-speaking countries. Consequently, the early frameworks, coding languages, and content were predominantly in English. This early adoption set the stage for English to become the default language of the digital world.

Furthermore, English acts as a bridge language in multilingual spaces. For instance, in international tech forums or coding communities, contributors often communicate in English despite their different native languages. It enables the pooling of knowledge and collaborative problem-solving on a global scale. As such, English proficiency is increasingly viewed as a critical skill for anyone looking to thrive in the digital space, irrespective of their field of interest.

Social media platforms like Instagram, Twitter, and TikTok are rife with English content. From trending challenges to viral memes, the vernacular of the internet is often steeped in English. This widespread usage significantly impacts how language evolves and spreads among users globally. The influence of English extends to music, movies, and television series, with a vast majority being produced in English. Global streaming platforms like Netflix and Spotify further popularize these contents, integrating them into the cultural fabric of multiple countries. Fans around the world often learn English to better appreciate and engage with these pop culture artifacts.

Virtual reality (VR) and augmented reality (AR) have also disrupted traditional learning methods. These technologies create immersive environments where learners can practice English in realistic scenarios, from simulated shopping experiences to virtual travel adventures. Such immersive strategies are highly beneficial for vocabulary retention and contextual understanding. These tools are especially useful for beginners and intermediate learners to expand their vocabulary and improve their comprehension skills.

In addition to these tools, participating in online communities, such as language exchange websites and forums, offers practical exposure. Engaging with native speakers and other learners through practice sessions, discussions, and feedback helps build confidence and competence in using English in real-world situations.

Conclusion:

The digital world has firmly established English as an essential tool for global communication and personal development. From its dominance on the internet to its central role in education, professional communication, and pop culture, the language acts as a unifying tool that transcends geographical and cultural boundaries. For English language learners (ESL learners), this presents a unique opportunity to harness the power of English to access a wide range of resources and connect with people from around the world.

By using digital tools, engaging with diverse content, and practicing in real-world situations, learners can advance their knowledge and open up new avenues for growth and success. Understanding the role of English in the digital world is essential for any aspiring language learner. This not only underscores the relevance of language learning, but also highlights how digital developments have made this learning process easier.

As the world becomes increasingly interconnected, a high level of English proficiency remains a major advantage and offers endless opportunities in this dynamic global environment. Embracing the digital age with English proficiency

allows for richer and more connected experiences, empowers learners to achieve both their personal and professional goals, and contributes to a spirit of global solidarity.

References:

1. Al-Kadi & Ahmed.(2018). Indonesian Journal of Applied Linguistics. *Evolution of English in the Internet age*, 7(3),727-736
2. Anita Dewi.(2012). Journal of English and Education. *English as an international language:An overview*, 6(2),5-7
3. Ahmed Habeeb.(2017). *How English became the global language*.
4. Irma Igorevna Molchanova.(2015). International Education Studies. *Influence of the Internet on Studying English*, 8(1),134-137
5. Rena Huseynova, Narmin Aliyeva, Konul Habibova, Rasim Heydarov.(2024). Brazilian Journal of Education, Technology and Society. *The evolution of the English language in yhe age of the Internet and social media*, 17(4),299-314
6. Shermukhamedova D. Rakhimjonovna.(2025). European Journal of Emerging Technology and Discoveries. *The importance of the English language in today's world*, 8(2),2-6

XÜLASƏ

İnternetdə ünsiyyətdə ingilis dilinin rolu və təsiri böyük əhəmiyyət daşıyır. Qloballaşan dünyada internet insanların bir-biri ilə əlaqə yaratması üçün əsas vasitəyə çevrilib və bu mühitdə ən geniş istifadə olunan dil ingilis dilidir. Sosial media platformaları, e-poçt, forumlar, bloqlar və müxtəlif onlayn resurslarda ingilis dili əsas ünsiyyət vasitəsi kimi çıxış edir. Bu, fərqli ölkələrdən olan insanların bir-biri ilə anlaşmasını asanlaşdırır. İngilis dili həmçinin elmi, texnoloji və işgüzar sahələrdə də internet üzərindən məlumat mübadiləsində əsas rol oynayır. Proqramlaşdırma dilləri, beynəlxalq xəbərlər, təhsil mənbələri və onlayn kurslar əksər hallarda ingilis dilində təqdim olunur. Bu səbəbdən internetdə fəal olmaq və daha geniş auditoriyaya çatmaq üçün ingilis dilini bilmək vacibdir. Beləliklə, ingilis dili internetdə ünsiyyətin qlobal açarı rolunu oynayaraq bilik və informasiya paylaşımını sürətləndirir və dünya miqyasında əlaqələri gücləndirir.

Açar sözlər: *ingilis dili, internet ünsiyyəti, qloballaşma, onlayn kommunikasiya, bilik paylaşımı*

РЕЗЮМЕ

Роль и влияние английского языка в общении в Интернете имеют большое значение. В глобализованном мире Интернет стал основным средством общения людей друг с другом, а наиболее широко используемым языком в этой среде является английский. Английский язык является основным средством общения в социальных сетях, электронной почте, форумах, блогах и различных онлайн-ресурсах. Это позволяет людям из разных стран легче понимать друг друга. Английский язык также играет ключевую роль в обмене информацией через Интернет в научной,

технологической и деловой сферах. Языки программирования, международные новости, образовательные ресурсы и онлайн-курсы часто представлены на английском языке. По этой причине знание английского языка важно для активного использования Интернета и охвата более широкой аудитории. Таким образом, английский язык играет роль глобального ключа к общению в Интернете, ускоряя обмен знаниями и информацией и укрепляя связи во всем мире.

Ключевые слова: английский, интернет-общение, глобализация, онлайн-общение, обмен знаниями

SÜNİ İNTELLEKTƏ ƏSASLANAN TƏHSİL SİSTEMİNİN DİZAYNI VƏ TƏTBİQİ PRİNSİPLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17517299>

Gülmar Abdullayeva

kerimzadeh85@mail.ru

BDU-nun Pedaqogika kafedrasının dissertantı,

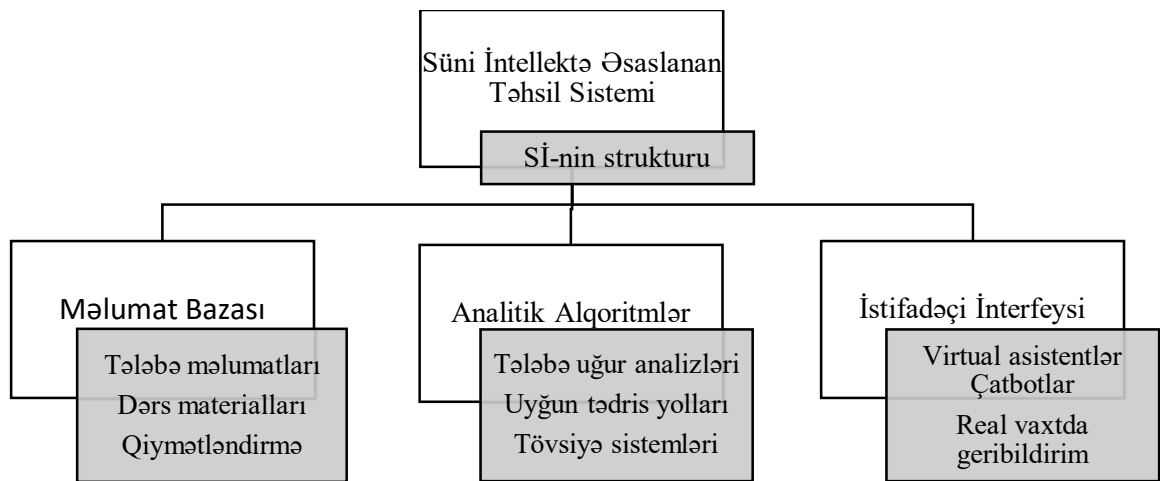
XÜLASƏ

Süni intellektin təhsil sahəsindəki tətbiqi tədris proseslərini daha interaktiv, fərdiləşdirilmiş və effektiv etmək məqsədi güdür. Məqalədə, bu tip sistemlərin uğurlu olması üçün nəzərə alınmalı əsas prinsiplər və dizayn parametrləri izah olunur. Əsas prinsiplər arasında fərdiləşdirmə və adaptivlik, tələbələrin ehtiyaclarına uyğun dərs planlarının hazırlanması və fərdi tədris yanaşmalarının tətbiqi vacib hesab edilir. İnteraktivlik təhsil təcrübəsini daha əyləncəli və motivasiyaedici etmək üçün müsbət rol oynayır. Eyni zamanda sistemlərin şəxsi geribildirim və qiymətləndirmə təqdim etməsi tələbələrin inkişafını izləməyə imkan verir. Qlobal və ədalətli təhsil prinsipinə görə, süni intellektə əsaslanan sistemlər hər bir tələbəyə bərabər təhsil imkanları təqdim etməlidir. Əməkdaşlıq və sosial interaktivlik tələbələr arasında əlaqə və əməkdaşlıq ruhunu inkişaf etdirərək, onların sosial bacarıqlarını gücləndirir. Məqalədə həmçinin, davamlı inkişaf və yenilikçilik, təhlükəsizlik və məxfilik məsələlərinə də xüsusi diqqət yetirilir. Süni intellektə əsaslanan təhsil sistemləri daima inkişaf etməli və müasir texnologiyaları daxil etməlidir. Eyni zamanda, insan və texnika əməkdaşlığı prinsipinin önəmi vurğulanır, çünki müəllimlər və süni intellektin birlikdə işləməsi tədris prosesini zənginləşdirir. Nəticə olaraq, süni intellektə əsaslanan təhsil sistemləri, tədrisin keyfiyyətini artırmaqla yanaşı, tələbələrin fərdi inkişafını daha yaxşı dəstəkləyərək təhsil prosesində effektivlik və məhsuldarlığı təmin edir. Bu sistemlərin dizaynı və tətbiqi təhsil sahəsində gələcək inkişaf üçün böyük potensiala malikdir.

Açar sözlər: Süni intellektə əsaslanan təhsil sistemləri, təhsil dizaynı, fərdiləşdirilmiş öyrənmə, rəqəmsal transformasiya, təhsil texnologiyaları, tədris alətləri, intellektual öyrənmə mühiti

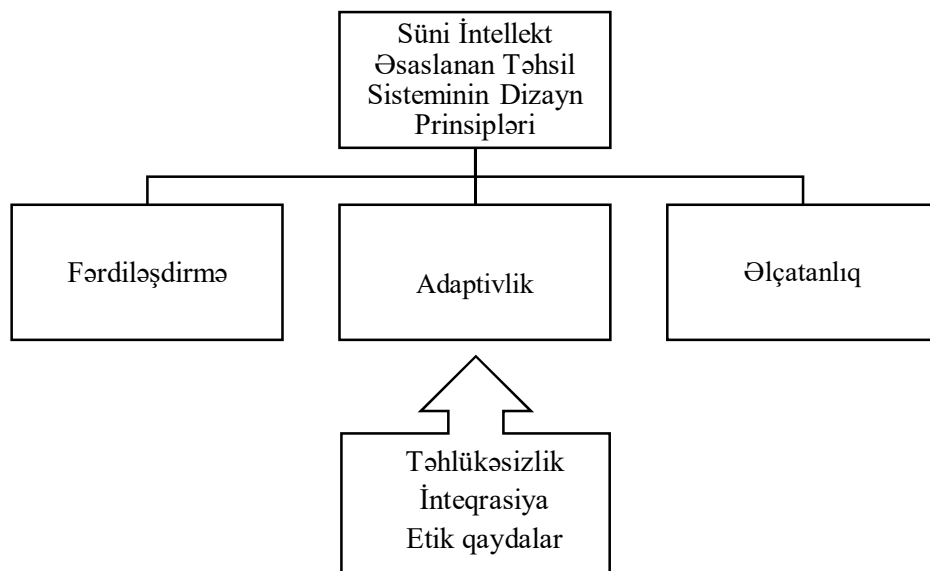
Süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının təhsil sahəsinə inteqrasiyası təlim və tədris modellərində keyfiyyətə yeni mərhələnin başlanğıcı kimi qiymətləndirilir. İntellektual sistemlər fərdi öyrənməni dəstəkləyir, müəllimlərin iş yükünü azaldır, qiymətləndirmə proseslərini avtomatlaşdırır və tələbələrin potensialını daha dərindən təhlil etməyə imkan yaradır. Bununla belə, bu tip sistemlərin səmərəli dizayn və tətbiqi müəyyən prinsiplərə əsaslanmalıdır. Süni intellektin (Sİ) təhsil sahəsində tətbiqi, tədris proseslərini daha effektiv, fərdiləşdirilmiş və inkişaf yönümlü etmək üçün yeni imkanlar yaradır. Bu tip sistemlər ənənəvi təhsil metodlarını inkişaf etdirərək tələbələrə fərdi öyrənmə təcrübələri təqdim edir və təhsil müəssisələrinin idarəetmə proseslərini daha optimallaşdırır. Süni intellektə əsaslanan təhsil sisteminin strukturu bir neçə əsas komponentdən ibarət olur:

Sxem 1. Süni İntellektə Əsaslanan Təhsil Sisteminin Strukturu



Süni intellektə əsaslanan təhsil sistemləri tədris proseslərini daha interaktiv, fərdiləşdirilmiş və effektiv etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bu cür sistemlərin uğurlu olması üçün bir sıra dizayn prinsiplərinə riayət edilməlidir (Hasselbring, s.16).

Sxem 2. Süni İntellektə Əsaslanan Təhsil Sisteminin Dizayn Prinsipləri



Süni intellektə əsaslanan təhsil sisteminin dizaynında ilkin və ən vacib mərhələ fərdiləşdirilmiş öyrənmə konsepsiyasının tətbiqidir. Bu konsepsiya təlimin “hamı üçün eyni” modelindən uzaqlaşaraq hər bir tələbənin özünəməxsus öyrənmə xüsusiyyətlərinə uyğunlaşdırılmasını nəzərdə tutur. Belə yanaşma tələbələrin intellektual potensialı, öyrənmə tərzini (vizual, audial, kinestik və ya qarışıq), biliyin mövcud səviyyəsi, maraq dairəsi və hətta emosional vəziyyəti kimi müxtəlif parametrləri analiz edən süni intellekt alqoritminə əsaslanır (Rolls, 25). İntellektual sistemlər bu cür fərdi məlumatları davamlı şəkildə toplayır, təhlil edir və tələbəyə uyğunlaşdırılmış tədris planları hazırlayır. Bu planlar yalnız mövcud dərs materiallarının fərqli təqdim formaları (məsələn, video, audio, interaktiv simulyasiyalar) ilə deyil, eyni zamanda tapşırıqların çətinlik dərəcəsi və təqdim olunma ardıcılığı ilə də fərqlənə bilər. Beləliklə, tələbə nə vaxt və necə öyrənəcəyini özü müəyyənləşdirir və bu onun öz öyrənmə prosesinə daha fəal və məsuliyyətli yanaşmasına şərait yaradır. Fərdiləşdirmə eyni zamanda dinamik uyğunlaşma (adaptiv tədris) prinsipinə əsaslanır. Bu o deməkdir ki, tələbənin göstəricilərinə və nailiyyətlərinə uyğun olaraq sistem

dərhal yeni strategiyalar tətbiq edə bilir. Məsələn, tələbə müəyyən bir mövzuda çətinlik çəkirsə, sistem həmin mövzunu sadələşdirilmiş formada təqdim edə və ya əlavə resurslar tövsiyə edə bilər. Əgər tələbə yüksək nəticələr göstərsə, onun üçün dərinlən öyrənmə tapşırıqları hazırlanır. Bu yanaşma nəticə etibarilə təlim prosesini daha şəxsi, adaptiv və motivasiyaedici edir. Tələbələr öz inkişafını vizual və statistik baxımdan izləyə bilər, fərdi irəliləyişlərini hiss edir və bu da onların davamlı öyrənmə motivasiyasını artırır. Həmçinin bu model, müəllimin dəstək və rəhbərliyini tam əvəz etmir, əksinə, ona tələbənin ehtiyaclarını daha dəqiq anlamaq və ona uyğun metodlar seçmək üçün etibarlı məlumatlar təqdim edir.

İkinci əsas prinsip davamlı geribildirim və adaptiv tənzimləmə mexanizmləridir. Bu mexanizmlər süni intellektə əsaslanan təhsil sistemlərinin təlim prosesində dinamik və şəxsiyyətyönlü idarəetmə funksiyasını yerinə yetirməsinə imkan verir. Ənənəvi təlimdə geribildirim prosesi daha çox müəllim tərəfindən, əksər hallarda gecikmiş və ümumi formada təqdim olunsada, süni intellekt sistemlərində bu proses real vaxtda və fərdi şəkildə həyata keçirilir. Süni intellekt sistemləri tələbənin öyrənmə prosesində atdığı hər bir addımı (tapşırıqlara yanaşma tərzini, cavab sürətini, səhvlərin təkrarlanma tezliyini, konkret fənlər üzrə performans göstəricilərini və hətta interaktiv fəaliyyətlərdə iştirak səviyyəsini) analiz edir. Bu məlumatlar öyrənmə analitikası vasitəsilə emal olunur və sistem avtomatik olaraq fərdi geribildirim verir. Məsələn, tələbənin bir mövzuda davamlı olaraq səhvlər etməsi sistem tərəfindən aşkar edildikdə, həmin mövzu üzrə sadələşdirilmiş və ya əlavə izahlı video (praktik məşğələ) təqdim oluna bilər. Davamlı geribildirim eyni zamanda müəllimlər üçün də tədris prosesinin daha effektiv idarə olunmasına imkan verir. Sistem tərəfindən təqdim olunan ətraflı təhlil hesabatları müəllimə tələbənin zəif və güclü tərəflərini daha dərinlən başa düşmək və müvafiq pedaqoji strategiyalar hazırlamaq imkanı yaradır. Bu, tədrisdə "faktlara əsaslanan qərarvermə" modelini gücləndirir. Adaptiv tənzimləmə isə tələbənin öyrənmə trayektoriyasının çevik şəkildə formalaşdırılmasını nəzərdə tutur. Süni intellekt sistemi davamlı şəkildə toplanan məlumatlara əsasən tədris planını dəyişə, təkrar təlim mexanizmlərini işə sala, daha irəli səviyyəli materiallar təqdim edə və ya keçid strategiyalarını tətbiq edə bilər. Məsələn, zəif nəticə göstərən tələbə üçün təməl bilikləri möhkəmləndirən "təkrar-təlim" modulu aktivləşdirilir, orta nəticə göstərənlər üçün "gücləndirmə", yüksək nəticə göstərənlər üçün isə "keçid" (advance) modulu tətbiq edilir (Shute, s.31). Bu yanaşma tələbənin təhsil prosesində passiv iştirakçı deyil, aktiv və reflektiv öyrənən olmasını stimullaşdırır. Beləliklə, süni intellekt yalnız texnoloji vasitə deyil, eyni zamanda fərdiləşdirilmiş və davamlı inkişafı dəstəkləyən intellektual pedaqoji vasitə rolunu oynayır.

Avtomatlaşdırılmış qiymətləndirmə və öyrənmə analitikası, süni intellektə əsaslanan təhsil sisteminin əsas funksional komponentlərindən biridir və təhsil prosesinin obyektivliyini, çevikliyini və nəticəyönümlülüyünü əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Avtomatlaşdırılmış qiymətləndirmə sistemi tələbələrin təqdim etdiyi yazı işləri, testlər, interaktiv tapşırıqlar və layihələri təhlil edərək sürətli və obyektiv nəticə təqdim edir. Öyrənmə analitikası isə fərdi və kollektiv səviyyədə tələbələrin davranışları, nailiyyətləri və inkişaf meyillərini təhlil edən mürəkkəb məlumat emalı prosesidir. Sistem tələbənin dərəcə qoşulma tezliyi, fəaliyyətlərdə iştirak səviyyəsi, tapşırıqların yerinə yetirilmə müddəti və

nəticələri kimi göstəriciləri toplayır və bu məlumatlar əsasında nailiyyət ehtimalı, geriləmə riski, motivasiya səviyyəsi və öyrənmə maneələri barədə proqnoz verir. Bu yanaşma müəllimlər üçün erkən xəbərdarlıq siqnalları rolunu oynayır. Beləliklə, risk altında olan tələbələr üçün vaxtında müdaxilə imkanı (məsələn, əlavə dəstək, fərdi tədris planları və ya psixoloji yardım kimi tədbirlər görülmə bilər) yaranır. Öyrənmə analitikası eyni zamanda təhsil siyasəti və idarəetmə sahəsində strateji qərarların verilməsində də mühüm rol oynayır. Toplanan geniş həcmli məlumatlar vasitəsilə məktəb rəhbərliyi tələbələrin performans, kurikulumun effektivliyi, müəllim fəaliyyətlərinin nəticələri və resurs istifadəsinin səmərəliliyi barədə məlumatlı qərarlar qəbul edə bilər. Bu isə təhsil sistemində fakt və dəliləsaslı idarəetmə modelinə keçidi sürətləndirir.

Nəticə etibarilə, avtomatlaşdırılmış qiymətləndirmə və öyrənmə analitikası yalnız texniki funksiya deyil, təhsildə ədalətlik, inklüzivlik və keyfiyyətin yüksəldilməsi üçün mühüm strateji alət kimi çıxış edir. Bu sistemlərin düzgün dizaynı və tətbiqi təhsil iştirakçılarının hər biri üçün dəyər yaradır: *tələbə üçün şəffaf və motivasiyaedici, müəllim üçün dəstəkləyici, idarədən şəxs üçün isə ölçülə bilən və nəticəyönümlü bir mühit formalaşdırır* (Roll, s.25).

Etik və hüquqi aspektlər süni intellektə əsaslanan təhsil sistemlərinin dizayn və tətbiq mərhələlərinin ayrılmaz tərkib hissəsidir. Belə sistemlər tələbələr haqqında geniş həcmli fərdi məlumatları (öyrənmə davranışları, performans göstəriciləri, psixoloji və sosial göstəricilər və s.) toplayır, emal edir və analiz edir. Bu səbəbdən məlumatların məxfiliyi və təhlükəsizliyi bu texnologiyaların tətbiqində birinci dərəcəli məsələ kimi qəbul edilməlidir. İlk növbədə şəxsi məlumatların qorunması və etik istifadə məsələsi diqqət mərkəzində olmalıdır. Tələbənin yazılı və ya açıq razılığı olmadan məlumatların üçüncü tərəflərlə paylaşılması və ya qeyri-şəffaf şəkildə istifadə olunması ciddi etik və hüquqi pozuntu sayılır. Xüsusilə, manipulyativ alqoritmlərin istifadəsi, yəni tələbənin məlumatlarına əsaslanaraq onun qərar və davranışlarını süni şəkildə istiqamətləndirmək etik baxımdan qəbul edilməzdir. Belə hallar təhsildə psixoloji təzyiq, azad seçimin məhdudlaşdırılması və texnoloji nəzarət hissi yarada bilər. Fərdi azadlıqların qorunması və bərabər imkanların təmin olunması, süni intellekt texnologiyalarının sosial ədalət prinsipinə uyğun dizayn edilməsini tələb edir. Süni intellekt sistemləri bəzi hallarda əvvəlcədən mövcud olan məlumat bazalarındakı qərəzləri təkrarlamaq və gücləndirə bilər. Məsələn, gender, etnik mənsubiyyət və ya sosial status kimi meyarlara görə tələbələrin fəaliyyətlərinə qeyri-bərabər yanaşma göstərə bilər. Buna görə də alqoritmik qərəzlərin müəyyən edilməsi və aradan qaldırılması üçün xüsusi mexanizmlərin tətbiqi zəruridir. Tədqiqatlar göstərir ki, səmərəli etik nəzarət və test mexanizmləri olmadan süni intellekt sistemləri diskriminasiya yarada bilər və bu da təhsil mühitində bərabərsizliyi dərinləşdirə bilər. Aşkar və izah edilə bilən alqoritmlər də bu sistemlərin etik dayanıqlığını artıran amillərdəndir. Tələbə və müəllim sistemin necə işlədiyini, hansı meyarlarla qərar verdiyini bilməli və bu qərarların doğruluğunu sorğulamaq hüququna sahib olmalıdır. Bu həm texnoloji güvən mühiti, həm də istifadəçi hüquqlarının qorunması baxımından vacibdir. Nəhayət, süni intellektin təhsil sistemində etibarlı və səmərəli şəkildə tətbiqi üçün etik kodekslərin hazırlanması, hüquqi çərçivələrin yaradılması və istifadəçilərin maarifləndirilməsi zəruridir. Bu yanaşma yalnız texnologiyanın effektivliyini deyil, həm də onun insan yönümlü və ədalətli olmasını təmin edir. UNESCO kimi beynəlxalq təşkilatların

süni intellekt və təhsil üzrə hazırladığı etik çərçivələr bu baxımdan nümunəvi model kimi qəbul oluna bilər.

SUMMARY

The application of artificial intelligence in education aims to make learning processes more interactive, personalized and effective. The article explains the main principles and design parameters that should be considered for the success of such systems. Among the main principles, personalization and adaptability, the development of lesson plans tailored to the needs of students, and the application of individual teaching approaches are considered important. Interactivity plays a positive role in making the educational experience more fun and motivating. At the same time, the fact that the systems provide personal feedback and assessment allows us to monitor the development of students. According to the principle of global and fair education, artificial intelligence-based systems should provide equal educational opportunities to each student. Collaboration and social interactivity develop a spirit of connection and cooperation between students, strengthening their social skills. The article also pays special attention to the issues of sustainable development and innovation, security and privacy. Artificial intelligence-based educational systems should constantly develop and include modern technologies. At the same time, the importance of the principle of human-machine cooperation is emphasized, as the working together of teachers and artificial intelligence enriches the teaching process. As a result, educational systems based on artificial intelligence, in addition to improving the quality of teaching, provide efficiency and productivity in the educational process by better supporting the individual development of students. The design and implementation of these systems have great potential for future development in the field of education.

Keywords: *Artificial intelligence in education, education system design, personalized learning, digital transformation, educational technologies, teaching tools, intelligent learning environment*

РЕЗЮМЕ

Применение искусственного интеллекта в образовании направлено на то, чтобы сделать процессы обучения более интерактивными, персонализированными и эффективными. В статье объясняются основные принципы и параметры проектирования, которые необходимо учитывать для успешной работы таких систем. Среди основных принципов важными считаются персонализация и адаптивность, разработка планов уроков с учетом потребностей учащихся, применение индивидуальных подходов к обучению. Интерактивность играют положительную роль, делая образовательный процесс более

увлекательным и мотивирующим. В то же время системы предоставляют персональную обратную связь и оценку, позволяя учащимся отслеживать свой прогресс. Согласно принципу глобального и справедливого образования, системы на основе искусственного интеллекта должны предоставлять равные образовательные возможности каждому учащемуся. Сотрудничество и социальное взаимодействие способствуют формированию духа связи и сотрудничества среди учащихся, укрепляя их социальные навыки. Особое внимание в статье уделено вопросам устойчивого развития и инноваций, безопасности и конфиденциальности. Системы образования на основе искусственного интеллекта должны постоянно развиваться и внедрять современные технологии. При этом подчеркивается важность принципа взаимодействия человека и машины, поскольку совместная работа преподавателей и искусственного интеллекта обогащает процесс обучения. В результате системы образования на основе искусственного интеллекта не только повышают качество преподавания, но и обеспечивают эффективность и производительность образовательного процесса за счет лучшей поддержки индивидуального развития учащихся. Разработка и внедрение этих систем имеет большой потенциал для будущего развития в сфере образования.

Ключевые слова: Искусственный интеллект в образовании, проектирование образовательных систем, персонализированное обучение, цифровая трансформация, образовательные технологии, учебные инструменты, интеллектуальная образовательная среда

ƏDƏBİYYAT

1. Hasselbring, T. S., & Goin, L. I. (2004). Using Technology to Improve the Quality of Education. *Educational Leadership*, 62(1), 16-22.
2. Hwang, G. J., & Chang, C. K. (2017). A Learning Design Framework for Personalized Learning with Mobile Devices in Context-Aware Learning Environments. *Educational Technology & Society*, 20(4), 92-107
3. Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution of Educational Technologies: How Artificial Intelligence is Shaping the Future of Education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 7-25
4. Shute, V. J., & Becker, B. J. (2010). Games as a Way to Promote Learning. *Educational Leadership*, 68(7), 26-31.
5. Siemens, G., & Long, P. (2011). Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *EDUCAUSE Review*, 46(5), 30-40
6. Zawacki-Richter, O., & Anderson, T. (2014). Online Distance Education: Towards a Research Agenda. *Distance Education*, 35(1), 3-14.

TƏHSİLİN SƏRHƏDLƏRİNİ AŞAN YENİ DÖVR: METAVERS VƏ ARTIRILMIŞ REALLIQ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17517307>

Gültəkin Ərəbova

gulu.arabova@mail.ru

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

Son onilliklərdə texnologiyanın sürətli inkişafı həyatımızın demək olar ki, bütün sahələrinə təsir edib. Xüsusilə təhsil sistemi rəqəmsallaşma prosesinin bir hissəsinə çevrilərək, ənənəvi öyrənmə üsullarını yeni texnoloji imkanlarla birləşdirir. Bu sahədə ən son yeniliklərdən biri metavers və artırılmış reallıq (AR) texnologiyalarıdır.

Metavers, virtual reallıq (VR), artırılmış reallıq (AR) və süni intellekt kimi texnologiyaların birləşdiyi interaktiv və immersiv bir mühitdir. Bu konsepsiya yalnız əyləncə və sosial platformalar üçün deyil, həm də təhsil sahəsində geniş imkanlar təqdim edir. Digər tərəfdən, artırılmış reallıq real dünya üzərinə rəqəmsal elementlər əlavə edərək öyrənmə prosesini daha interaktiv və canlı edir. Məsələn, bir şagird tarix dərslərində sadəcə məqalələr oxumaq əvəzinə, VR vasitəsilə qədim Misirə səyahət edə bilər və ya biologiya dərslərində insan orqanizmini 3D formatda incələyə bilər.

Bu texnologiyaların təhsildə tətbiqi yeni dövrün başlanğıcını qoyur. Ənənəvi sinif otaqlarını virtual məkana daşımaq, laboratoriya təcrübələrini simulyasiya şəklində həyata keçirmək və real həyatda mümkün olmayan təcrübələri tələbələrə təqdim etmək artıq mümkündür. Bundan əlavə, bu texnologiyalar xüsusilə distant təhsil üçün böyük perspektivlər yaradır və tələbələrin fiziki məkan məhdudiyyətlərini aradan qaldırır.

Bu məqalədə metavers və artırılmış reallığın təhsil sahəsində tətbiqi, onların üstünlükləri, çağırışları və gələcək perspektivləri araşdırılacaq. Əsas məqsəd, bu yeni texnologiyaların tədris prosesində necə istifadə oluna biləcəyini və onların təhsilin keyfiyyətinə necə təsir etdiyini müəyyənləşdirməkdir.

Metavers fiziki və rəqəmsal dünyanın birləşdiyi interaktiv məkandır. Bu virtual mühit istifadəçilərə avatarlar vasitəsilə dərslər otaqlarında iştirak etməyə, simulyasiya edilmiş laboratoriyalarda təcrübələr keçməyə və fərdi öyrənmə təcrübələri əldə etməyə imkan yaradır (Mystakidis, 2022). Artırılmış reallıq (AR) isə real dünyaya rəqəmsal obyektlər əlavə edərək, öyrənmə prosesini zənginləşdirir. AR-ın təhsildə istifadəsi tələbələrin dərslər materialları ilə daha yaxından əlaqə qurmasına və təcrübə əsaslı öyrənməni gücləndirməyə kömək edir (Billinghurst & Duenser, 2012). Ümumiyyətlə, metavers və artırılmış reallığın təhsil prosesində istifadəsi immersiv öyrənmə mühiti yaradaraq məlumatların daha yaxşı yadda qalmasına kömək edir, distant təhsil üçün fiziki məhdudiyyətləri aradan qaldırır, şagird və tələbələrin

prosesdə daha çox iştirakını təmin edərək motivasiyasıyanı artırır və tədris prosesində interaktivliyi təmin edir (Dalgarno & Lee, 2010).

Fənlər üzrə metavers və AR tətbiqlərindən istifadə imkanları genişdir. İnteraktiv anatomiya dərslərində şagirdlər insan orqanizmini 3D modeldə araşdırır, orqanların funksiyalarını öyrənə bilirlər. VR eynəklər vasitəsilə ürəyin, beynin və digər orqanların iç strukturuna "səyahət" edə bilirlər. Hüceyrə və genetik proseslərin öyrənilməsində metavers mühitində hüceyrənin içində "gəzmək", orada baş verən prosesləri izləmək mümkündür. Genetik mutasiyaları virtual laboratoriyada modelləşdirmək olar. Ekosistem və canlılar aləmi ilə bağlı mövzularda şagirdlər virtual olaraq meşələrə, səhralara, dəniz ekosistemlərinə "səyahət" edə bilər. Nadir heyvan və bitki növləri 3D formatda göstərilə bilər.

Kimya fənninin tədrisində virtual laboratoriya təcrübələri kimyəvi reaksiyalar 3D formatda simulyasiya edilərək, təhlükəsiz mühitdə aparıla bilər. Şagirdlər kimyəvi maddələrin reaksiyalarını interaktiv şəkildə öyrənə bilər. Atom və molekulyar quruluşla bağlı mövzularda atomların və molekulaların quruluşunu 3D animasiyalarla vizuallaşdırmaq mümkündür. Tələbələr periodik cədvəldəki elementlərin xassələrini interaktiv olaraq araşdırır bilirlər.

Fizika fənninin tədrisində mexanika və hərəkət qanunları mövzusunda metaversdə cisimlərin hərəkətini simulyasiya edərək Nyutonun qanunlarını interaktiv şəkildə öyrənmək olar. Məsələn, aya və ya Marsa "gedərək" ağırlıq qüvvəsinin orada necə dəyişdiyini test etmək mümkündür. Optika və işıq dalğaları ilə bağlı mövzularda şagirdlər işıq sındırma, əks olunma və digər optik hadisələri virtual mühitdə izləyə bilirlər. Holografik təsvirlərdən istifadə edərək elektromaqnit dalğalarının yayılmasını göstərmək mümkündür. Elektrik və maqnetizm hadisələrini, elektrik dövrələrini metaversdə quraraq onların necə işlədiyini yoxlamaq olar. Elektromaqnit sahələrinin təsirini vizual simulyasiyalarla izah etmək mümkündür.

Coğrafiya və Ekologiya fənlərinin tədrisində vulkan püskürməsi, zəlzələ və tektonik lövhələrin hərəkətini virtual mühitdə canlı şəkildə izləmək olar. Şagirdlər virtual "səyahət" edərək Yer kürəsinin müxtəlif geoloji dövrlərdə necə dəyişdiyini görə bilirlər. Qlobal istiləşmənin nəticələrini interaktiv xəritələr və simulyasiyalarla izah etmək mümkündür. Ekoloji problemlərin təsirlərini gələcək üçün modelləşdirərək nümayiş etdirmək olar.

Metavers mühitində tələbələr və müəllimlər virtual siniflərdə görüşərək dərsləri interaktiv şəkildə keçə bilirlər. Harvard və Stanford kimi universitetlər artıq bu texnologiyayı pilot layihələrində tətbiq edirlər (Johnson et al., 2021). Harvard Təhsil Məktəbi metaversin təhsildə potensialını araşdırmaq üçün "An Introduction to Learning in the Metaverse" adlı bir bələdçi hazırlayıb. Bu bələdçi, müəllimlərə genişlənmiş reallıq (XR) texnologiyalarını öyrənmə prosesinə necə daxil etməyi izah edir. Həmçinin Harvard Biznes Məktəbi metavers

texnologiyasını dərs proqramına daxil etmək üçün pilot kurslar təşkil edir. Bu təşəbbüs, virtual mühitlərdə biznes təhsilinin necə inkişaf etdirilə biləcəyini araşdırır.

Stanford Universiteti "Virtual People" adlı bir kurs təqdim edir. Bu kursda tələbələr VR texnologiyasından istifadə edərək interaktiv dərslərdə iştirak edirlər. Kurs çərçivəsində 263 tələbə, hər biri öz VR başlıqları ilə, 20 həftə ərzində metaversdə 200,000-dən çox dəqiqə birlikdə vaxt keçirib. Stanford-un VHIL laboratoriyası VR və AR texnologiyalarının psixoloji və davranış təsirlərini araşdırır. Bu tədqiqatlar, virtual reallığın təhsil və digər sahələrdə necə effektiv istifadə oluna biləcəyini müəyyən etməyə kömək edir. Bu universitetlər metavers və VR texnologiyalarını təhsil prosesinə daxil edərək, tələbələrə daha immersiv və interaktiv öyrənmə təcrübələri təqdim etməyə çalışırlar. Azərbaycanda metavers və artırılmış reallıq (AR) texnologiyalarının təhsildə tətbiqi sahəsində maarifləndirici təlimlər təşkil olunur, elmi araşdırmalar və məqalələr yazılır. Eyni zamanda istifadəsi rahat və ödənişsiz tətbiqlər vardır ki, bunların sayəsində dərsləri daha interaktiv etmək mümkündür. Kimya fənninin tədrisində "UnrealChemist" və "Olabs" kimi virtual laboratoriyaları təhlükəli kimyəvi maddələrdən və ya bahalı avadanlıqlardan istifadə edərkən heç bir risk olmadan şagirdlərin prosesləri təkrarlama biləcəyi təhlükəsiz mühitlər təşkil edir. Eyni zamanda "ModelAR:Organic chemistry", "Visible body", "AR Chemistry Lab" kimi artırılmış reallıq proqramları kimya və biologiya fənlərinin tədrisində 3D modelləşdirməni reallaşdırmağa imkan verən proqramlardır.

"Piroqov" interaktiv masası müasir dövrün ən inqilabi kəşflərindəndir. "Piroqov" interaktiv masa 3D formatda insan bədəninin anatomik quruluşunu yüksək dəqiqliklə təqdim edən rəhbərlikli toxunma ekranlı cihazdır. Bu masa təhsil, diaqnostika, cərrahiyyə planlaşdırılması və elmi araşdırmalar üçün istifadə olunur və klassik anatomiyanın öyrənilməsinə yeni mərhələyə keçirir. Azərbaycan Tibb Universitetində və bəzi özəl tədris müəssisələrində "Piroqov" interaktiv masasının tətbiqi üzrə ilkin addımlar atılmışdır. Bu, rəqəmsallaşmış tibbi təhsil konsepsiyasına keçidin bir hissəsidir.

Bu təşəbbüslər metavers və artırılmış reallıq texnologiyalarının Azərbaycanda təhsildə tətbiqinə dair ilkin addımlardır. Gələcəkdə bu sahədə daha genişmiqyaslı layihələrin həyata keçirilməsi və texnologiyaların təhsil sistemində inteqrasiyası üçün əlavə tədbirlərin görülməsi vacibdir. Bütün bunlara baxmayaraq bir sıra çətinliklər və məhdudiyyətlər vardır ki, bu sistemlərin təhsil sistemində geniş spektrdə istifadəsinin qarşısını alır. Belə ki, AR və VR cihazlarının yüksək qiyməti, internet sürəti və platformaların sabilliyi, müəllimlərin yeni texnologiyalara uyğunlaşması kimi məsələlər prosesi ləngitməkdədir. Tətbiq prosesində çətinliklərin həlli üçün texnoloji, iqtisadi və pedaqoji sahələrdə inkişafə ehtiyac vardır.

Beləliklə, metavers və artırılmış reallıq təhsildə yeni dövr açır və ənənəvi metodlardan fərqli yanaşmalar təqdim edir. Bu texnologiyalar təhsili daha interaktiv, əlçatan və effektiv edir. Bu sahədə inkişaf davam etdikcə, təhsil daha çevik və əlçatan olacaq.

ƏDƏBİYYAT

1. Bailenson, J. (2018). *Experience on Demand: What Virtual Reality Is, How It Works, and What It Can Do*. W. W. Norton & Company.
2. Billinghurst, M., & Duenser, A. (2012). *Augmented reality in the classroom*. *Computer*, 45(7), 56-63.
3. Dalgarno, B., & Lee, M. J. (2010). *What are the learning affordances of 3-D virtual environments?* *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10-32.
4. Fowler, C. (2015). *Virtual reality and learning: Where is the pedagogy?* *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 412-422.
5. Freina, L., & Ott, M. (2015). *A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives*.
6. Huang, T. C., Yang, S. J., & Cheng, H. N. (2022). *The role of artificial intelligence in the metaverse: Opportunities and challenges*. *Educational Technology & Society*, 25(1), 12-25.
7. Jang, S., Vitale, J. M., Jyung, R. W., & Black, J. B. (2022). *Direct manipulation is better than passive viewing for learning anatomy in a three-dimensional virtual reality environment*. *Computers & Education*, 106, 150-165.
8. Johnson, M., Foster, A., & Pan, Y. (2021). *Metaverse in higher education: Opportunities and challenges*. *Journal of Educational Computing Research*, 59(3), 476-498.
9. Makransky, G., & Mayer, R. E. (2020). *Benefits of immersion in virtual reality for learning*. *Journal of Educational Psychology*, 112(5), 841-851.
10. Mystakidis, S. (2022). *Metaverse: Definitions, applications, and challenges*. *Educational Technology & Society*, 25(1), 25-34.
11. Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). *Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education*. *Computers & Education*, 62, 41-49.

ABSTRACT

Metaverse and augmented reality (AR) technologies create new opportunities in education, making the learning process more interactive and effective. Through these technologies, students and faculty can overcome the limitations of physical space, take lessons in virtual classrooms, conduct laboratory experiments with 3D models, and learn concepts that are difficult to apply in real life in a vivid way. In natural sciences, the structure of the human body, chemical reactions, and physical laws are presented visually with metaverse and AR. In geography and history lessons, students can take virtual trips to different parts of the world and interactively recreate historical events. Leading universities such as Harvard and Stanford are already integrating these technologies into the educational process. In Azerbaijan, the creation of metaverse-based learning environments, the development of virtual laboratories, and training programs for teachers can be one of the main directions of the future education strategy. These technologies transcend the boundaries of education and make learning more accessible, interesting, and personalized.

Keywords: *artificial intelligence, metaverse, augmented reality, virtual reality, education.*

РЕЗЮМЕ

Технологии метавселенной и дополненной реальности (AR) создают новые возможности в образовании, делая процесс обучения более интерактивным и эффективным. Благодаря этим технологиям учащиеся могут преодолеть ограничения физического пространства, посещать уроки в виртуальных классах, проводить лабораторные эксперименты с 3D-моделями и изучать концепции, которые трудно применить в реальной жизни, в увлекательной форме. В естественных науках строение человеческого тела, химические реакции и физические законы наглядно представлены с помощью метавселенной и дополненной реальности. На уроках географии и истории учащиеся могут совершать виртуальные путешествия в разные уголки мира и интерактивно переживать исторические события. Ведущие университеты, такие как Гарвард и Стэнфорд, уже интегрируют эти технологии в образовательный процесс. Создание метавселенных на основе обучающих сред, виртуальных лабораторий и программ подготовки учителей в Азербайджане может стать одним из основных направлений будущей образовательной стратегии. Эти технологии расширяют границы образования, делая обучение более доступным, интересным и персонализированным.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, метавселенная, дополненная реальность, виртуальная реальность, образование.*

ƏCZAÇILIQDA YENİ ERA: SÜNİ İNTELLEKTİN ƏCZAÇILIQDA TƏTBİQİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17517324>

Həmid Səfərov

hemidsafarov@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-3592-4257>

Azərbaycan Dövlət Aqrar Universiteti

Gəncə, Azərbaycan

XÜLASƏ

Son dövrlərdə texnologiyanın sürətli inkişafı süni intellektin (Sİ) bir çox sahəyə, xüsusilə də əczaçılıq və tibb sahəsinə integrasiyası prosesini sürətləndirmişdir. Süni intellektin tətbiqinə qədər hər hansı dərman maddəsinin tapılması, həmin dərman maddəsinin üzərində aparılan maliyyə xərcləri və uzun zaman tələb edən preklinik və klinik sınaqlar dərman preparatının hazırlanması prosesini olduqca çətinləşdirirdi. Bu məqalədə əczaçılıqda Sİ tətbiqi, onun gətirdiyi üstünlükləri, tələbləri və çatışmazlıqları müzakirə olunacaq.

Açar sözlər: *süni intellekt, səhiyyə, əczaçılıq, dərman kəşfi*

GİRİŞ

Dərmanlar insanların həyatında çox böyük yerə sahibdir. İnsanlar qədimdən bu yana dərmanlara ehtiyac duymuşlar. Bununla belə, bu həyatı vacib dərman maddələrinin kəşfi və insanların istifadə edə biləcəyi optimal hala salınması çox çətinliklər törədən prosesdir. Bir dərman maddəsinin ərsəyə gəlməsi üçün uzun müddət və çoxlu maliyyə vəsaiti lazımdır. Bir dərman preparatının formalaşdırılması üçün lazım olan proseslər:

1. xəstəliklərə səbəb olan mexanizmləri anlamağa çalışmaq və mümkün hədəfləri (məsələn, proteinləri) təklif etmək üçün aparılan əsas tədqiqatların olduğu kəşf öncəsi mərhələ;
2. alimlərin araşdırılan xəstəliyə təsir edən, onu sağaldan və ya ən azı simptomları yüngülləşdirən molekulaları (iki əsas qrup: kiçik molekulalar və bioloji preparatlar) və ya digər terapeutik yanaşmaları axtardığı dərman kəşfi mərhələsi;
3. dərman namizədlərinin təsir mexanizmini aydınlaşdırmaq, mümkün toksikliyi araşdırmaq, müxtəlif in vitro və in vivo modellərdə effektivliyi təsdiqləmək və formulyasiyanı qiymətləndirməyə başlamağa yönəlmiş klinik öncəsi inkişaf mərhələsi;
4. dərman namizədinin insanlar üzərində sınaqdan keçirildiyi klinik mərhələ;

5. dərmanın təsdiq edildiyi və ya edilmədiyi, bazara təqdim olunduqdan sonra izləndiyi qiymətləndirmə, təsdiq və satış sonrası nəzarət mərhələsi (Natesh, Philippe və b., 2023).

Siyahıda qeyd olunanlardan üçüncü mərhələ ən çətin proses hesab oluna bilər. Belə ki, bir dərmanın formalaşdırılması on illərlə zaman və ortalama 2.8 milyard ABŞ dollarına başa gəlir. Bu prosesin təşkil edilməsi üçün yüzlərlə yeni kəşf olunmuş dərman maddəsinin yoxlanılması tələb olunur. Maddələrin bu xüsusiyyətinin yoxlanması üçün *in vivo* və *in vitro* tədqiqatlardan daha təkmilləşdirilmiş tədqiqat üsulu olan *in silico* adı verilən tədqiqatlardan istifadə olunur. *In silico* tədqiqat üsulu ilə tədqiqatçılar yeni kəşf olunmuş maddənin molekulyar quruluşunu kompüterdə modelləşdirərək həmin maddənin müvafiq proteinə bağlanıb-bağlanmayacağını müəyyənləşdirirlər. Həmçinin *in silico* tədqiqatlar molekulların toksikliyini, farmakoterapevtik təsirləri və yan təsirlərini əvvəlcədən proqnozlaşdırmağa imkan verir.

Günümüzdə texnologiyanın artan inkişafı və səhiyyə sahəsində formalaşan ehtiyaclar süni intellektə dərman kəşfi proseslərində də vəzifə verilməsinə şərait yaradır. Süni intellektin əczaçılığa inteqrasiyası bu sahədə yeni üfüqlərin açılmasında böyük rol sahibidir. Dərman kəşfində qarşıya qoyulan hədəflərin qısa müddətdə, maddi baxımdan ən optimal və sərfəli şəkildə həyata keçirilməsi əczaçılıq sektorunun qarşısında duran prioritet hədəflərə çatılması deməkdir. Bu səbəbdən süni intellektin öyrənilməsi və əczaçılıq sahəsində tətbiq edilməsi bu sahənin günü-gündən inkişafına səbəb olacaqdır.

Süni intellekt (Sİ) insanların intellektual funksiyalarını təqlid edən və avtomatlaşdırılmış şəkildə məlumatları analiz edərək qərarlar verə bilən kompüter sistemlərini əhatə edən bir texnologiyadır. Bu texnologiya maşın öyrənməsi (machine learning), dərin öyrənmə (deep learning), təbii dil emalı (natural language processing) kimi alt sahələri vasitəsilə real dünyada kompleks problemlərin həllində geniş tətbiq olunur.

Süni intellektin əsas metodlarına ekspert sistemləri, qeyri-səlis məntiq, genetik alqoritmlər və süni sinir şəbəkələri daxildir. Ekspert sistemləri müəyyən sahələr üzrə mütəxəssislərin verdiyi qərarları və apardığı düşünmə proseslərini kompüter vasitəsilə modelləşdirə bilən proqramlardır. Yaxşı hazırlanmış bir ekspert sistemi, mütəxəssislərin yerinə yetirdiyi dizayn, planlaşdırma, diaqnostika, analiz, ümumiləşdirmə, nəzarət və tövsiyəvermə kimi funksiyaları təqlid edə bilər (Nabiyev, 2003).

Süni intellekt günümüzdə tibb sahəsində geniş istifadə edilir və bu sahədə aparılan araşdırmaların sayı intensiv şəkildə artmaqdadır. Tibb sahəsində istifadə edilən süni intellektin əsas maraq sahəsi klinik diaqnostika proseslərini həyata keçirə bilən və müalicə təklifləri verə bilən süni intellekt proqramlarının hazırlanmasıdır (Demirhan, Kılıç və b., 2010).

Əczaçılıqda ilk dövrlərdə dərman kəşfi üçün Machine learning (ML) üsulu tətbiq edilmişdir. Bu üsul üstün cəhətlərinə baxmayaraq, bəzi çətinliklərlə də üzləşirdi. Belə ki, dərman maddələrinin quruluş-fəallıq əlaqəsinin öyrənilməsində bu üsul bir qədər geridə qalmışdır. Dərman maddəsinin l və d izomerlərinin farmakoloji təsirləri müxtəlifdir. Ona görə də dərman maddəsinin izomerlik xüsusiyyətinə diqqət etmək vacibdir. ML bu və digər cəhətdən faydalı olsa da, dərman maddəsinin yan təsirləri və effektivliyi barədə mülahizələr yürüdə bilmirdi. Həmçinin bu sistemlərin məlumat bazası qıt olmaqla bərabər, eksperimental səhvlər və təsdiqlənmə prosesindəki əskikliklərlə işləyirdi. Prosesin bu çatışmazlıqları əczaçılıq sahəsində yeniliklərə duyulan ehtiyacı artırır və bu sahədə çalışan mütəxəssislərin qarşısına yeni hədəflərin qoyulmasına səbəb olurdu. Bu problemin aradan qaldırılması üçün böyük verilərlə işləyə və dərman molekullarının təhlükəsizliyini və effektivliyini qiymətləndirmək üçün daha uyğun nəticələr verə bilən DL (deep learning) metodu tətbiq edilməyə başlandı. Məsələn, 2012-ci ildə Merck şirkəti belə bir ML yarışması keçirdi. Məqsəd: dərman sənayesində dərin öyrənmənin effektivliyini yoxlamaq idi. Yarışda 15 dərman namizədi üçün DL modelləri onların ADMET məlumatlarını (sorulma, paylanma, metabolizm, xaricolma və toksiklik) ənənəvi modellərdən daha dəqiq proqnozlaşdırdı (Deebleena, Gaurav və b., 2020).

Bundan başqa, günümüzdə əczaçılıq sahəsində "EULARIS" istifadə olunur. Eularis, süni intellekt (Sİ) texnologiyalarını əczaçılıq və biotexnologiya sahələrində tətbiq edərək dərman kəşfi, klinik sınaqlar və marketinq strategiyalarını optimallaşdıran qabaqcıl bir şirkətdir. Eularisin qarşısında dayanan hədəflərə dərman maddələrinin kəşfi və inkişafı, klinik sınaqların optimallaşdırılması, marketinq və satış strategiyaları və süni intellekt təlimləridir. Eularisin atdığı addımlar bəzi uğurlarla nəticələnmişdir. Məsələn, Eularisin əməkdaşlıq etdiyi dərmanların 100%-i bir il ərzində aparıcı brendlərə çevrilmişdir. Əlavə olaraq, Sİ tətbiqi sayəsində mövcud brendlərdə 29% artım müşahidə olunub. Bu da süni intellekt tətbiqinin dərmanların inkişafına verdiyi töhfəni açıq-aydın büruzə verir. Şirkət həmçinin 20 ildən artıq müddətdə əczaçılıq və səhiyyə sahəsində Sİ və gələcək texnologiyalar üzrə təcrübəyə malikdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Debleena, P., Gaurav, S., Snehal, S., Dnyaneshwar, K., Kiran, K., Rakesh, K.T. (2020). Artificial intelligence in drug discovery and development. *Drug Discovery Today*, 26(1), 80-93
2. Demirhan, A., Kılıç, Y. A., Güler, İ. (2010). Tıpta yapay zeka uygulamaları. *Yoğun Bakım Dergisi*, 9(1), 31-41

3. Natesh, S., Philippe, V., Shivalika, T., Jean-Luc, P., Katya, T., Bruno, O. V. (2023). Drug discovery and development: introduction to the general public and patient groups. *Frontiers in Drug Discovery*, volume 3
4. Nabiyeu V. (2003). *Yapay Zeka*, 816 s.

ABSTRACT

E NEW ERA IN PHARMACY: THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PHARMACY

Hamid Safarov

In recent years, the rapid advancement of technology has significantly accelerated the integration of artificial intelligence (AI) into various fields, particularly in pharmaceuticals and healthcare. Prior to the implementation of AI, the discovery of a new drug compound, the associated financial investments, and the lengthy preclinical and clinical trials made the drug development process highly complex and time-consuming. This article explores the application of AI in the pharmaceutical field, highlighting its advantages, requirements, and limitations.

Keywords: artificial intelligence, healthcare, pharmaceuticals, drug discovery

РЕЗЮМЕ

НОВАЯ ЭРА В ФАРМАЦИИ: ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ФАРМАЦЕВТИКЕ

Хамид Сафаров

В последние годы стремительное развитие технологий существенно ускорило интеграцию искусственного интеллекта (ИИ) в различные сферы, особенно в фармацевтику и здравоохранение. До внедрения ИИ процесс открытия новых лекарственных соединений, финансовые затраты и продолжительные доклинические и клинические испытания делали разработку препаратов крайне сложной и трудоёмкой. В данной статье рассматривается применение ИИ в фармацевтической сфере, а также его преимущества, требования и ограничения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, здравоохранение, фармацевтика, разработка лекарств

TİBBİ TƏHSİLDƏ AI-YARDIMLI VİRTUAL REALLIQ: TƏSİRLƏR, İNNOVASİYALAR VƏ GƏLƏCƏK İSTİQAMƏTLƏR

AI-ASSISTED VIRTUAL REALITY IN MEDICAL EDUCATION: IMPACTS, INNOVATIONS, AND FUTURE DIRECTIONS

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17517345>

Hilal KOCAK

hilalkocak@mu.edu.tr

ORCID ID: 0000-0003-2602-8557

Mugla Sitki Kocman University

Gurcan CETIN

gcetin@mu.edu.tr

ORCID ID: 0000-0003-3186-2781

ABSTRACT

This study examines the combined use of artificial intelligence and virtual reality (VR) technologies in medical education both methodologically and in terms of their effects. It is emphasized that the integration of Large Language Models and GPT-based models into VR environments provides students with a more interactive and realistic learning experience in anatomy learning, surgical simulations, and clinical case scenarios. Furthermore, because simulation settings incorporate artificial intelligence, students can receive quick feedback and tailored assessment, allowing them to continuously improve their own performance and learning processes. The findings show that VR/AI integration facilitates the understanding of complex anatomical structures, increases students' self-confidence with risk-free and repeatable practice opportunities, and reduces stress that may be experienced in clinical practices. At the same time, it is seen that the learning curve is shortened with adaptable difficulty levels and personalized learning methods. When current studies are examined, the use of artificial intelligence in virtual reality projects in medical education is examined under 3 headings. These are (1) Adaptive Learning Systems, (2) Virtual Patients and Clinical Decision Support Simulations, and (3) Multi-User (Collaborative) VR Applications

As a result, this article aims to provide a guiding resource to increase the effectiveness of education and enrich the student experience by providing concrete suggestions and methods for planning, developing, and disseminating artificial intelligence-supported virtual reality applications in medical and health sciences education.

Key words: Artificial intelligence, virtual reality, medical education, virtual patients

INTRODUCTION

Traditionally, medical education consists of theoretical classroom courses and clinical practice courses. (Van Way, 2017, s. 417-418) In a clinical environment, it is often not possible for students

to practice and improve their manual skills as much as they would like; moreover, since access to cadavers is limited, they do not have the opportunity to work whenever they want. (Veeraraghavan, 2024) Especially after COVID-19, important steps have been taken towards the digitalization of medical education. (Han & Kumwenda, 2024) In the review conducted by Car et al., it was shown that digital education was as effective and beneficial as traditional education when the knowledge levels and satisfaction of the participants were taken into account. Digital education may include mobile learning, virtual reality, or online/offline courses. (Car et al., 2019) This study focuses on virtual reality, one of the digital health education methods.

Virtual reality is a three-dimensional computer-generated environment that users can interact with using specialized gear like head-mounted displays or sensor-embedded gloves. (Freina & Ott, 2015) It provides users with an active learning experience from a first-person perspective by providing varying degrees of immersion; that is, it allows them to perceive the digital world as if it were real and to interact with objects and perform various actions in this environment. (Mantovani *et al.*, 2003; McGaghie *et al.*, 2010) Virtual reality environments can be viewed on a computer or phone screen or via a head-mounted display. Virtual environments can be experienced by more than one person and can reflect real-world objects or encompass a completely virtual world. In 1992, Satava first suggested that virtual reality would form the basis of education in surgical training, similar to the flight simulator being an essential step for aviation training. (Satava, 1992) In health systems education, systems have generally been designed that allow students to examine anatomical structures in three dimensions by wearing virtual glasses. (Nicholson *et al.*, 2006) Kadri et al. developed a virtual reality gamified anatomy learning tool called Immersive Virtual Anatomy Laboratory (IVAL) and tested it on 120 health sciences undergraduate students. In that trial, which also investigated the user acceptance and educational effectiveness aspects of virtual reality, it was observed that vocabulary scores increased by 55.95% and task completion times decreased by 18.75% in the experimental group. (Kadri *et al.*, 2023) Santos et al. stated that virtual reality technology is an effective and safe way to perform a medical procedure, provide patient care and develop the necessary skills. The simulator developed for this purpose was used in arthrocentesis practice to provide clinical guidance to the user, to distinguish different types of synovial fluid in the joint and to support the medical decision process. (Toro *et al.*, 2024) There are also studies showing that virtual reality-based learning is a promising method for increasing the knowledge acquisition, self-confidence and competence of nursing students. The systematic review by Sinurat et al. revealed that students showed significant increases in their knowledge level with $SMD = 0.24$ and in their self-confidence with $SMD = 0.40$ as a result of virtual reality-based learning studies conducted with a total of 660 nursing students. (Sinurat *et al.*, 2025)

Another recent systematic review focusing on clinical skills teaching in undergraduate radiography education found that virtual reality applications significantly improved both students' equipment and patient positioning performance and their confidence levels. (Gårdling *et al.*, 2025) The Korean Institute of Radiological and Medical Sciences (KIRAMS) has developed a radiation emergency response training simulator that uses VR/AR technology to increase training effectiveness by realistically depicting radiation accident situations, as existing training to prevent nuclear and radiation accidents is insufficient. (Nam *et al.*, 2025)

In the study, in which a total of 21 inexperienced neurosurgery students and 8 assistants participated, it was aimed to increase the competency of the students by using virtual reality in the External ventricular drain (EVD) placement process. As a result of the experiments, the students' catheter tip–foramen of Monroe distance showed a significant improvement from trial 1 to trial 3, decreasing from 15 mm to 9.7 mm ($P = 0.02$); while residents were significantly more accurate than students at the beginning, the difference closed in trial 3 (trial 1: $P = 0.007$; trial 2: $P = 0.002$; trial 3: $P = 0.62$). In addition, students' attitudes towards the benefits of VR turned significantly positive after the trials. (Rossitto *et al.*, 2023) Likewise, in a separate study of 16 surgical residents, VR-based instruction for a commonly performed laparoscopic procedure transferred effectively to the clinical setting, with residents demonstrating significantly better operating-room performance after the simulation (Seymour *et al.*, 2002) On the other hand, many virtual reality applications in the field of orthopedic surgery training have enabled physicians to improve their manual skills through practice, without allowing risks and errors resulting from lack of experience to harm patients. (Bartlett *et al.*, 2018)

It has been seen in the studies mentioned so far that virtual reality-based education is effective in increasing students' skills by practicing unlimitedly. The biggest deficiency in the studies examined is that the presence of an expert is required during the simulation application. Students' ability to improve themselves without receiving feedback is limited. For this reason, artificial intelligence technology has begun to be integrated into VR simulations so that students can receive feedback and evaluate their performance. A recent in-depth review examined studies that have successfully integrated AI algorithms into VR-based surgical simulations, such as the Virtual Operative Assistant, GoNoGoNet, and the Ethicon AI platform, resulting in measurable gains in learning outcomes through real-time motion analysis, intelligent feedback, and objective performance scoring. (Riddle *et al.*, 2024)

This study seeks to answer the concerns of why and how artificial intelligence is being integrated into current medical education research through the use of virtual reality. While virtual reality technologies offer students a wide range of interaction opportunities, from more realistic visualization of anatomical structures to risk-free experience of complex clinical scenarios; artificial intelligence applications provide significant advantages in terms of personalization of these interactions, real-time evaluation and increasing scenario diversity. Thus, innovative solutions that both meet the individual learning needs of the student and support institutional curriculum goals emerge during the education process.

In this direction, a classification was made by scanning the existing literature to reveal where virtual reality and artificial intelligence intersect in medical education and in which areas this intersection is concentrated. In the light of the obtained data, 3 main headings stand out: (1) Adaptive Learning Systems, (2) Virtual Patients and Clinical Decision Support Simulations, (3) Multi-User (Collaborative) VR Applications.

In the light of the data obtained from the studies examined under these headings, the goals, skills imparted, and current limitations of artificial intelligence-based virtual medical education systems will be discussed; thus, the effectiveness of the approaches currently used in the field and future improvement opportunities will be discussed.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPROACHES APPLIED WITH VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY IN MEDICAL EDUCATION

1. Adaptive Learning Systems

Adaptive learning is an educational approach that uses data-driven algorithms and artificial intelligence to deliver personalized learning experiences based on each student's needs, preferences, and progress, dynamically adjusting content, delivery style, and learning pace based on student performance and engagement levels. (Gligorea *et al.*, 2023) Adaptive learning using artificial intelligence has become a significant part of education by providing students with personalized learning opportunities with real-time guidance. (Katona & Katonane Gyonyoru, 2025) Sadeghi-Esfahlani *et al.* designed a self-improving game-based simulation with artificial intelligence to improve the single interrupted suturing skills of medical students. In the designed game, the artificial intelligence collects data such as the vibration, position and orientation of the students' hands during the operation and provides feedback on their performance. At the same time, the collected data was used to train the artificial intelligence agent and regulate its behavior. (Sadeghi-Esfahlani *et al.*, 2020) Thus, the system has become a virtual environment into which real behaviors are integrated. (Cipresso & Riva, 2015) In the study conducted by Battegazzorre *et al.*, traditional training method for Difficult Airway Management (DAM), one of the riskiest procedures in clinical practice, was compared with training performed using only virtual reality and adaptive VR training supported by artificial intelligence. In the study, voice interaction was provided with virtual patient and virtual nurse avatars using Microsoft Azure's speech-to-text & text-to-speech services and natural language processing to perform adaptive learning. It was observed that adaptive learning increased the efficiency of training. (Battegazzorre *et al.*, 2025)

In summary, AI-supported adaptive learning, when combined with virtual reality simulations using real behavioral data, significantly increases both learning effectiveness and clinical skill confidence in medical education by instantly monitoring student performance and providing personalized content and feedback.

2. Virtual Patients and Clinical Decision Support Simulations

Virtual patients are simulators created in a computer environment that users can interact with in place of real patients, and are capable of simulating and providing feedback on diagnostics, clinical decision making, and response to treatments. (Kononowicz *et al.*, 2015) When looking at the literature, artificial intelligence is generally integrated into virtual patient applications by using natural language processing and large language models to understand students' voice commands. In the review study conducted by Bowers *et al.*, it was revealed that education with virtual patients who respond with natural language processing increases students' communication skills, but the alignment of education programs and curriculum is still insufficient. (Bowers *et al.*, 2024) In addition, artificial intelligence has also been used in virtual patient creation, considering the literature. Nogueira-Reis and colleagues created a virtual patient by using a CNN-based deep-learning model to segment craniomaxillofacial structures in cone-beam computed tomography (CBCT) scans. (Nogueira-Reis *et al.*, 2024)

These reviewed studies reveal that artificial intelligence makes significant contributions to medical education by providing fast, repeatable and highly accurate solutions in virtual patient applications, from patient communication to clinical education and automatic case creation.

3. Multi-User (Collaborative) VR Applications

Virtual reality applications in which one or more users interact with one or more artificial intelligence agents are examined in this category. It is possible for multiple agents working with an artificial intelligence model in a virtual environment to cooperate with each other and with the user. For example, Lakhnati et al. investigated how the selected participant interacted with the GPT-4-0613 model robot agents named Jupiter, Neptune, and Pluto, each with unique characteristics, in a simulation environment. Jupiter has the physical strength to lift large and heavy objects, Pluto is a small robot that can fly, and Neptune is a small but wheeled robot that can reach places that Jupiter cannot reach. The participant attempted to complete tasks such as lifting a vase from the bed by collaborating with the robots. The trial with 12 participants revealed that communication was primarily limited to short orders, with only a few people able to build a conversational discussion. (Lakhnati *et al.*, 2024) Moreover, Liaw et al. showed that the AI-supported virtual doctor integrated into a multi-user VR environment to improve sepsis team training and communication between doctors and nurses was as effective as a human-controlled avatar. In the virtual environment, there was an AI virtual doctor with the nursing students. In the control group, there was a real doctor with the nursing students. The AI-based virtual doctor fulfilled his role in the team by understanding the conversations with natural language processing. As a result of the study, the experimental group and the control group showed similar performance. (Liaw *et al.*, 2023) As an example of virtual case generation, a GPT-based mixed reality patient simulator was used by Maquilón et al. to train medical first responders (MFRs) by simulating patients injured in a road accident. The study aimed to develop skills in communicating with the injured, initial assessment, and triage information in a road-traffic accident scenario. MFRs intervened in pairs with the AI-supported virtual patient. In this way, patient intervention training was carried out with team collaboration. According to the questionnaires received from the MFRs, the usability of the virtual patient in such training received medium-high scores in habitability (median 4.25; IQR 4–4.81) and likeability (median 4.50; IQR 3.97–5.91). It has been stated that a response delay of approximately 3 seconds has a negative effect on interaction. (Gutiérrez Maquilón *et al.*, 2024)

When these studies are evaluated collectively, it is seen that artificial intelligence agents with different levels of autonomy provide scalable, realistic and highly interactive learning experiences in clinical education by collaborating with both each other and human participants in multi-user VR environments.

CONCLUSIONS

As a result of this study, a classification was made regarding how and for what purposes applications using virtual reality in medical education use artificial intelligence. It was stated that adaptive learning systems are used to provide personalized educational curriculum by processing students' movements and providing feedback. It was observed that GPT models and natural

language processing were used to provide feedback to students. In Virtual Patients and Clinical Decision Support Simulations systems, experiments were conducted with virtual patients created by copying the features of real patients for medical education and virtual medical crisis scenarios and it was seen that they were very useful in increasing students' competencies. On the other hand, it was observed that Multi-User (Collaborative) VR Applications support students in teamwork training in information sharing and clinical decision-making by collaborating with each other in a virtual environment through artificial intelligence. When the most up-to-date studies are examined, VR-AI integration shortens the student learning curve, increases self-confidence and reinforces clinical skills in a risk-free, repeatable and team-based environment, becoming an indispensable component of contemporary medical education.

REFERENCES

1. Bartlett, J. D., Lawrence, J. E., Stewart, M. E., Nakano, N., & Khanduja, V. (2018). Does virtual-reality simulation have a role in training trauma and orthopaedic surgeons? *Bone & Joint Journal*, 100-B(5), 559-565. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.100B5.BJJ-2017-1439>
2. Battegazzorre, E., Gino, B., Strada, F., Kapralos, B., Dubrowski, A., Lamberti, F., & Bottino, A. (2025). Enhancing difficult airway management training: The role of virtual reality and adaptive learning. *Virtual Reality*, 29. <https://doi.org/10.1007/s10055-025-01105-4>
3. Bowers, P., Graydon, K., Ryan, T., Lau, J., & Tomlin, D. (2024). Artificial-intelligence-driven virtual patients for communication-skill development in healthcare students: A scoping review. *Australasian Journal of Educational Technology*, 40(3). <https://doi.org/10.14742/ajet.9307>
4. Car, J., Carlstedt-Duke, J., Tudor Car, L., Posadzki, P., Whiting, P., Zary, N., et al. (2019). Digital education for health professions: Methods for overarching evidence syntheses. *Journal of Medical Internet Research*. Advance online publication. <https://doi.org/10.2196/preprints.12913>
5. Cipresso, P., & Riva, G. (2015). Virtual reality for artificial intelligence: Human-centred simulation for social science. In *Annual Review of Cybertherapy and Tele-medicine 2015: Virtual Reality in Healthcare: Medical Simulation and Experiential Interface* (pp. 1-8). IOS Press.
6. Freina, L., & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. *Proceedings of e-Learning and Software for Education* (pp. 133-141). <https://doi.org/10.12753/2066-026X-15-020>
7. Gårdling, J., Viseu, C., Hettinger, E., Jildenstål, P., & Augustinsson, A. (2025). The effects of virtual reality on clinical-skills training in undergraduate radiography education: A systematic review. *Radiography*, 31(3), 102911. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2025.102911>
8. Gligorea, I., Cioca, M., Oancea, R., Gorski, A.-T., Gorski, H., & Tudorache, P. (2023). Adaptive learning using artificial intelligence in e-learning: A literature review. *Education Sciences*, 13(12), 1216. <https://doi.org/10.3390/educsci13121216>

9. Gutiérrez Maquilón, R., Uhl, J., Schrom-Feiertag, H., & Tscheligi, M. (2024). Integrating GPT-based AI into virtual patients to facilitate communication training among medical first responders: Usability study of mixed-reality simulation. *JMIR Formative Research*, 8, e58623. <https://doi.org/10.2196/58623>
10. Han, S. P., & Kumwenda, B. (2024). Bridging the digital divide: Promoting equal access to online learning for health professions in an unequal world. *Medical Education*. <https://doi.org/10.1111/medu.15455>
11. Kadri, M., Boubakri, F.-E., Kaghat, F.-Z., Azough, A., & Zidani, K. (2023). IVAL: Immersive Virtual Anatomy Laboratory for enhancing medical education based on virtual-reality and serious games—Design, implementation, and evaluation. *Entertainment Computing*, 49, 100624. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2023.100624>
12. Katona, J., & Katonane Gyonyoru, I. (2025). Integrating AI-based adaptive learning into the flipped-classroom model to enhance engagement and learning outcomes. *Computers & Education: Artificial Intelligence*, 8, 100392. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100392>
13. Kononowicz, A. A., Zary, N., Edelbring, S., et al. (2015). Virtual patients—What are we talking about? A framework to classify the meanings of the term in healthcare education. *BMC Medical Education*, 15, 11. <https://doi.org/10.1186/s12909-015-0296-3>
14. Lakhnati, Y., Pascher, M., & Gerken, J. (2024). Exploring a GPT-based large language model for variable autonomy in a VR-based human-robot teaming simulation. *arXiv Preprint*, arXiv:2312.07214. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.07214>
15. Liaw, S. Y., Tan, J. Z., Bin Rusli, K. D., Ratan, R., Zhou, W., Lim, S., et al. (2023). Artificial intelligence versus human-controlled doctor in virtual-reality simulation for sepsis team training: Randomized controlled study. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e47748. <https://doi.org/10.2196/47748>
16. Mantovani, F., Castelnovo, G., Gaggioli, A., & Riva, G. (2003). Virtual-reality training for health-care professionals. *CyberPsychology & Behavior*, 6(4), 389-395. <https://doi.org/10.1089/109493103322278772>
17. McGaghie, W. C., Issenberg, S. B., Petrusa, E. R., & Scalese, R. J. (2010). A critical review of simulation-based medical-education research: 2003-2009. *Medical Education*, 44(1), 50-63. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2009.03547.x>
18. Nogueira-Reis, F., Morgan, N., Suryani, I. R., Tabchoury, C. P. M., & Jacobs, R. (2024). Full virtual patient generated by artificial-intelligence-driven integrated segmentation of craniomaxillofacial structures from CBCT images. *Journal of Dentistry*, 141, 104829. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104829>
19. Nam, H. W., Lee, S. J., Kim, J. J., Lee, J. Y., & Cho, M. (2025). Development and training-operation analysis results of a virtual-reality/augmented-reality training simulator for radiation emergency medicine. *Nuclear Engineering and Technology*, 57(7), 103477. <https://doi.org/10.1016/j.net.2025.103477>
20. Nicholson, D. T., Chalk, C., Funnell, W. R. J., & Daniel, S. J. (2006). Can virtual reality improve anatomy education? A randomised controlled study of a computer-generated three-dimensional anatomical ear model. *Medical Education*, 40(11), 1081-1087. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2006.02611.x>

21. Rossitto, C., Odland, I., Oemke, H., Cruz, D., Kalagara, R., Schupper, A., et al. (2023). External ventricular drain training in medical students improves procedural accuracy and attitudes toward virtual reality. *World Neurosurgery*, 175. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.04.108>
22. Riddle, E., Kewalramani, D., Narayan, M., Jones, D., & Rush, B. (2024). Surgical simulation: Virtual reality to artificial intelligence. *Current Problems in Surgery*, 61, 101625. <https://doi.org/10.1016/j.cpsurg.2024.101625>
23. Satava, R. M. (1992). Virtual-reality surgical simulator: The first steps. *Surgical Endoscopy*, 7, 203-205.
24. Sadeghi-Esfahlani, Ş., Izsof, V., Minter, S., Kordzadeh, A., Shirvani, H., & Esfahlani, K. (2020). Development of an interactive virtual-reality for medical-skills training supervised by artificial neural network. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (pp. 346-355). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29513-4_34
25. Seymour, N. E., Gallagher, A. G., Roman, S. A., O'Brien, M. K., Bansal, V. K., Andersen, D. K., & Satava, R. M. (2002). Virtual-reality training improves operating-room performance: Results of a randomized, double-blinded study. *Annals of Surgery*, 236(4), 458-463. <https://doi.org/10.1097/00000658-200210000-00008>
26. Sinurat, S., Karo, M. B., Simbolon, R., Saragih, I. D., Tarihoran, D. E. T. A. U., Sharma, S., & Chou, F. H. (2025). The efficacy of virtual-reality teaching and learning in nursing education: A systematic review and meta-analysis. *Nurse Education Today*, 149, 106661. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2025.106661>
27. Toro, F., Turrión, A., Collado, M., Méndez, M., Antelo, R., & Juanes, J. (2024). Utility of virtual reality in medical training: Clinical management of a patient with knee monoarthritis. *Reumatología Clínica (English Edition)*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.reumae.2024.11.004>
28. Van Way, C. W. III. (2017). Thoughts on medical education. *Missouri Medicine*, 114(6), 417-418.
29. Veeraraghavan, V. P. (2024). Comparing the benefits and drawbacks of traditional and online anatomy learning in medical education. *Medical Science Educator*. <https://doi.org/10.1007/s40670-024-01986-1>

XÜLASƏ

Bu tədqiqat tibb təhsilində süni intellekt və virtual reallıq (VR) texnologiyalarının birgə istifadəsini həm metodoloji, həm də təsirləri baxımından araşdırır. Böyük Dil Modellərinin və GPT əsaslı modellərin VR mühitlərinə integrasiyasının tələbələrə anatomiyanın öyrənilməsi, cərrahi simulyasiyalar və klinik vəziyyət ssenarilərində daha interaktiv və real öyrənmə təcrübəsi təmin etdiyi vurğulanır. Bundan əlavə, simulyasiya mühitlərinə integrasiya olunmuş süni intellekt sayəsində tələbələr ani geribildirim və fərdiləşdirilmiş qiymətləndirmə imkanı əldə edirlər; Beləliklə, onlar öz performanslarını və öyrənmə proseslərini davamlı olaraq təkmilləşdirə bilərlər. Tapıntılar göstərir ki, VR/AI integrasiyası mürəkkəb anatomik strukturların başa düşülməsini asanlaşdırır, risksiz və təkrarlana bilən təcrübə imkanları ilə tələbələrin özünə inamını artırır və klinik təcrübələrdə yaşana biləcək stressi azaldır. Eyni zamanda, uyğunlaşa bilən çətinlik səviyyələri və fərdiləşdirilmiş öyrənmə üsulları ilə öyrənmə əyrisinin qısaldıldığı görünür. Mövcud

araşdırmalar araşdırıldığında, tibbi təhsildə virtual reallıq layihələrində süni intellektin istifadəsi 3 başlıq altında araşdırılır. Bunlar (1) Adaptiv Öyrənmə Sistemləri, (2) Virtual Xəstələr və Klinik Qərar Dəstəyi Simulyasiyaları və (3) Çox İstifadəçi (Əməkdaş) VR Tətbiqləridir.

Nəticə etibarilə, bu məqalə tibb və səhiyyə elmləri təhsilində süni intellekt tərəfindən dəstəklənən virtual reallıq tətbiqlərinin planlaşdırılması, inkişafı və yayılması üçün konkret təkliflər və metodlar təqdim etməklə təhsilin effektivliyini artırmaq və tələbə təcrübəsini zənginləşdirmək üçün rəhbər mənbə təmin etmək məqsədi daşıyır.

Açar sözlər: *Süni intellekt, virtual reallıq, tibbi təhsil, virtual xəstələr*

SÜNİİNTELLEKT VƏ HERENTOLOJİ YAŞ QRUPLARINA MEYDANA ÇIXAN FİZİOLOJİ DƏYİŞİKLİKLƏRİN TƏDQIQI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17517359>

Elnarə Hüseynova, Şahnaz Məhərrəmovə

elnarahuseynova@mail.ru

Orcid.no /0000-0002-8386-6445

Gəncə Dövlət Universiteti

Gəncə Azərbaycan

XÜLASƏ

Yaşlı insanların uzunömürlülüüyü və həyat keyfiyyətini artırmağı hədəfləyən axtarışlar daim diqqət mərkəzindədir. Süni intellekt (AI) sahəsindəki son nailiyyətlər, yaşlanma ilə əlaqəli xəstəliklərin başa düşülməsi və müalicəsində yeni perspektivlər açmışdır. Süni intellekt (AI) texnologiyaları böyük miqdarda məlumatı təhlil edərək yaşlanma, Alzheimer xəstəliyi və Alzheimer ilə əlaqəli demensiya ilə bağlı amilləri daha yaxşı başa düşməyə kömək edə bilər. Yaş artdıqca orqanizmdə fizioloji dəyişikliklərin təsiri ilə funksiyalar zəifləyir, tənəffüs sistemi, ürək-damar sistemi, mədə-bağırsaq sistemi, sinir sistemi və s. sistemlərdə dəyişikliklər baş verir. Yaşlılarda patoloji dəyişiklikləri daha yaxşı başa düşmək üçün yaşlanma ilə baş verən dəyişiklikləri öyrənmək vacibdir. Bizim tədqiqatımızın məqsədi herentoloji yaş qruplarında baş verən fizioloji dəyişiklikləri müəyyən etmək olmuşdur. Yaşla əlaqədar insanlarda baş verən fizioloji dəyişikliklər, bir sıra xəstəliklər üçün artmış risk amilidir. Yaşlı insanlarda meydana çıxan fizioloji dəyişiklikləri bilmək, yaşlılarda baş verən xəstəlikləri vaxtında aşkara çıxarmaq çox vacibdir. Yaşlı insanları orqanizmi təşkil edən orqan və sistemləri xəstəliklərə qarşı qorunmaq və bu xəstəliklər yarandığı halda vaxtında müdaxilə etmək üçün uyğun addımlar atmaq mümkündür.

Açar sözlər: fizioloji dəyişkənlik, qocalıq, xəstəlik, ürək - damar sistemi, arterial təzyiq.

Giriş. Süni intellektin istifadəsi sahələri getdikcə artmaqdadır və ən çox istifadə olunan sahələrdən biri də tibb sahəsidir. Dünya əhalisi yaşlandıqca, yaşlı insanların uzunömürlülüüyünü və həyat keyfiyyətini artırmaq üçün tibb sahəsində ehtiyaclar da genişlənir. Həyat müddətinin uzanması, müxtəlif və əhatəli sağlamlıq xidmətlərinə artan tələbat yaratmışdır. Bununla yanaşı, səhiyyə və texnologiya sahəsindəki inkişaf, sağlam yaşlanma üçün yeni imkanlar təqdim edir.

Texnologianın ən böyük töhfələrindən biri yaşlıların qayğısı sahəsindədir. Mobil texnologiyalarla yanaşı, ağıllı evlər kimi bir çox sistemlər yaşlı insanların həyat keyfiyyətinə müsbət təsir göstərir. Xüsusilə baxımda istifadə olunan robotlar yaşlı şəxsləri emosional və psixoloji olaraq dəstəkləyir və onların gündəlik həyat fəaliyyətlərində köməkçi rol oynayır [7].

Yaş artdıqca, yaşlı fərdlərdə bir sıra fizioloji dəyişikliklər baş verir. Bu dəyişikliklər onların gündəlik həyatına, iş fəaliyyətinə və ətraf mühitlə olan ünsiyyətinə təsir göstərir. Ancaq bu dəyişikliklərin hamısının yalnız qocalıq səbəbindən olduğu demək düzgün deyil. Qeyri aktiv həyat tərz, ekoloji şərait və stress qocalma ilə bağlı fizioloji dəyişikliklərə təsir göstərə bilər. Qocalma bütün canlılara xas olan bioloji qanunauyğunluq olub, hüceyrə, toxuma, orqan və sistemlərdə geriyyə dönüşü olmayan dəyişikliklər və funksional itkilər prosesidir.

Orqanizmin baş verən fizioloji funksiyalarının tənzim edilməsində, orqanizm ilə onu xarici mühit arasında qarşılıqlı əlaqələrin yaradılmasında sinir sisteminin rolu çox böyükdür. Canlı orqanizmdə baş verən bütün fizioloji proseslər, eyni zamanda patoloji proseslər sinir sisteminin iştirakı ilə baş verir. Sinir sisteminin zədələnmələri insanda mənəvi, psixoloji böhranlar yaradır, cəmiyyətdən təcrid edir. Belə psixi və mənəvi yüklər onun qocalığın sürətlənməsinə və ömrünün qısalmasına səbəb olur [4, 5]. Yaşla əlaqədar duyğu orqanlarının bütün funksiyalarında yavaşlama və ya geriləmə müşahidə olunur. Qocalmaya bağlı fizioloji dəyişikliklərin ən aydın şəkildə hiss olunduğu orqan gözdür. Gözdən beyinə gedən sinir hüceyrələrinin sayında azalma qocalıq ilə bağlı gözdə baş verən ən mühüm dəyişikliklərdən biridir [3].

Yaşa bağlı eşitmə itkisi 70 yaşdan yuxarı olan yetkinlərin üçdə ikisini təsir edən bir problemdir. Eşitmə itkisi hər yaşda ola bilər. Ancaq yaşlılarda bu risk daha yüksək olur. Diabet, ateroskleroz və viral infeksiyalar kimi tibbi faktorlar eşitmə itkisində gücləndirici təsir göstərə bilər.

Yaşla əlaqədar həzm sistemində və maddələr mübadiləsinin fəaliyyətinin də bəzi dəyişikliklər baş verir. Belə ki, diş sağlamlığının pisləşməsi, dişlərin tökülməsi nəticəsində ağızda qidanın xırdalanması çətinləşir, həmçinin həzm şirələrinin ifrazı da azalmağa başlayır və ağız quruluğu müşahidə olunur[2].

65 yaş və yuxarı şəxslərdə ürək-damar xəstəlikləri ölüm hallarının başlıca səbəbidir. Adətən 40 yaşlardan sonra arterial hipertoniya özünü göstərir. Qanda eritrositlərin və leykositlərin miqdarı da dəyişir. Belə halda orqanizmin immun reaksiyası da əsasən azalma istiqamətinə yönəlir [1, 9].

Yaşla əlaqədar olaraq ağciyərdə funksional dəyişikliklər özünü göstərir. Belə ki, yaşlı adamlarda ağciyərin həyat tutumu azalmaqla yanaşı onlarda qaz mübadiləsi də aşağı düşür. Eyni zamanda ağciyərlərdə qalan havanın miqdarı da artıq olur. Nəticədə tənəffüs prosesi zəifləyir.

Yaşlandıqca, endokrin sistem dəyişikliklərə məruz qalır. Xüsusilə qadınlarda yaşlanmanın ilk əlaməti klimaks olaraq qeyd olunur. Bu təxminən 45 yaşlarında baş verir və genetik faktorlarla sıx bağlıdır. Tədqiqatlar göstərir ki, klimaks yaşı ilə ömür uzunluğu arasında birbaşa əlaqə mövcuddur. Belə ki, klimaks nə qədər gec baş verərsə, ömür də o qədər uzun ola bilər [6, 8].

TƏDQIQATIN MATERIALLARI VƏ METODLARI

Tədqiqat zamanı Göygöl rayonunda yaşayan herontoloji yaş təsnifatına müvafiq olaraq ahıl (60-74 yaş) və qoca yaşlı (75-89 yaş) və uzunömürlü (90 yaş və yuxarı) insanlar qeydə alınmışdır. Tədqiqata 20 kişi və 20 qadın olmaqla 40 nəfər cəlb olunmuşdur. Ahıl, qoca və uzunömürlü şəxslərdə arterial qan təzyiqinin təyini zamanı sfigmomanometrədən istifadə edilmişdir. Qanda şəkərin miqdarını müəyyən etmək üçün Accu-Chek Active qlükometr aparatı və Accu-Chek Softlix lansetindən istifadə edilmişdir. Qan təzyiqi isə Korotkov üsulu ilə tonometrlə (Tonometr Omron M2) ölçülmüşdür.

NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

Tədqiqatlar zamanı bir sıra fizioloji dəyişikliklər müşahidə etdik. Tədqiqatlara cəlb etdiyimiz yaşlılardan bəzilərinə iştaha azalması və çəki itkisi müşahidə edilmişdir. Yaş artdıqca iştahanın azalması sıx rastlanan bir vəziyyətdir. Yaşlılarda iştahı azaldan bir sıra faktorlar – ağız quruluğu, diş və çənə problemləri, udma çətinliyi iştaha mənfi təsir göstərir və çəki itkisinə səbəb ola bilər. Həmçinin yanaşı gedən xəstəliklər, yaddaş pozulması, depressiya, istifadə edilən dərmanlar, yaşlıların qidalanmasına mənfi təsir göstərən faktorlardır.

Uzunömürlü insanlar dad ala bilmədiklərindən şikayət edir. Dad və qoxu reseptorları ümumiyyətlə 60 yaşdan sonra sayca və funksional olaraq azalır. Onlar yeməklərin dadsız və ya duzsuz olduğunu düşünürlər.

Ahıl və qoca yaş qrupunda piylənmə, diabet, ürək-damar xəstəlikləri, sümük və əzələ sistemi xəstəliklərinə rast gəldik. Xüsusilə də ahıl yaş qrupunda qanda şəkərin səviyyəsi normadan yüksək olmuşdur. Ahıl yaşlıların bir çoxu müntəzəm olaraq idmanla məşğul olmur. Oturaq həyat təzi və səmərəsiz qidalanma ilə əlaqədar piylənmədən əziyyət çəkirlər. Qeyri-sağlam qidalanma önəmli bir risk faktorudur. Həmçinin ahıl və qoca yaş qrupu üzrə tədqiq etdiyimiz şəxslərdə arterial qan təzyiqi normadan yuxarı olmuşdur.

Ahıl və qoca yaş qrupu ilə müqayisədə uzunömürlülərdə bu dəyişikliklər daha az nəzərə çarpır. Uzunömürlülər sağlam və uzunömürlü olmalarını sağlam həyat təzi keçirmələri ilə əlaqələndirirlər. Bu şəxslər qida rasionunda daha çox süd məhsullarına, meyvə-tərəvəzlərə, daha çox bitki mənşəli məhsullar üstünlük verirlər. Həmçinin burada genetik faktor da mühüm rol oynayır.

Ahıl yaşlı qadınların bir qismi hipertoniya və şəkərli diabet xəstəliklərinə məhz klimaks dövründə tutulmuşlar.

Yaşla əlaqədar olaraq eşitmə itkisinə kişilərdə qadınlara müqayisədə daha çox rast gəldik.

Yaşla əlaqədar insanlarda baş verən fizioloji dəyişikliklər, bir sıra xəstəliklər üçün artmış risk amilidir. Yaşlı insanlarda meydana çıxan fizioloji dəyişiklikləri bilmək, yaşlılarda baş verən xəstəlikləri vaxtında aşkara çıxarmaq çox vacibdir. Yaşlı insanları orqanzmi təşkil edən orqan və sistemləri xəstəliklərə qarşı qorunmaq və bu xəstəliklər yarandığı halda vaxtında müdaxilə etmək üçün uyğun addımlar atmaq mümkündür.

Aktiv həyat tərzini keçirmək, sağlam qidalanmaq, artıq çəki və piylənmədən qorunmaq, alkoqol, siqaret kimi pis vərdislərdən uzaq olmaq, idmanla müntəzəm məşğul olmaq, müntəzəm olaraq açıq havada gəzinti təşkil etmək, vaxtlı-vaxtında həkim müayinəsindən keçmək, təmizliyə və şəxsi gigiyenaya qulluq etməklə sağlam həyat tərzini qurmaq və ömür uzunluğunu artırmaq mümkündür.

Müntəzəm fiziki fəaliyyət bir çox sistemlərin funksiyalarına müsbət təsir göstərir. Gənclərdə olduğu kimi, yaşlılarda da müntəzəm fiziki fəaliyyət kardiovaskulyar sistem funksiyalarında 10-30% nisbətində yaxşılaşmalar yaradır. Bu yaxşılaşmalar fəaliyyətin intensivliyinə bağlıdır. Bundan əlavə, müntəzəm fiziki fəaliyyət kardiovaskulyar risk faktorlarının azalmasına da kömək edir. Bədən tərkibində dəyişiklik yaratmadan insulin həssaslığında müsbət yaxşılaşmalara səbəb olur. Müntəzəm fiziki fəaliyyət iş qabiliyyətini artırır [7].

Daim inkişaf edən texnologiyalar və süni intellekt yaşlı insanların təhlükəsiz şəraitdə yaşamaq qabiliyyətini daha da yaxşılaşdırır.

ƏDƏBİYYAT

1. Cəfərov.İ. M. Qocalığın biologiyası və onun sirləri. Bakı 2006
 2. Ali Ağar.Y. yaşlılarda Ortaya Çıkan Fizyoloji Dəyişikliklər. Ordu University J Nurs Stud 2020, 3(3), 347-354
 3. F
 4. Karan M. A. Geriatri Yaş Grubunda Endokrin ve İmmün Sistemlerdeki Fizyolojik Dəyişikliklər. Erişim: 14.04.2020, i
 5. Nalbant S. Yaşlılıkta fizyolojik dəyişikliklər. Nobel Medicus Online Dergi. 2008 [Erişim tarixi 21.04.2012]. Erişim adresi: www.nobelmedicus.com/contents/200842/04-Öz
 6. Özbek Z, Öner P. Geriatrik fizyolojik ve biyokimyasal dəyişikliklər. Türk Klinik Biyokimya Dergisi 2008; 6(2): 73- 80.
 7. Şule Çalışır Kundakçı. Yaşlı Bakımında Yapay Zekâ Kullanımı. Doğu Karadeniz Sağlık Bilimleri Dergisi, East Black Sea Journal of Health Sciences Cilt 2, Sayı 2, 2023
- платова С.А., Безденежная Л.П., Андреева Л.С., Геронтология, Ростовна-Дону «Феникс», 2015г.

Ç

a

k

a

SUMMARY

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND RESEARCH ON PHYSIOLOGICAL CHANGES OCCURRING IN GERONTOLOGICAL AGE GROUPS

Associate Professor. E.J.Huseynova., SH.E.Maharramova

The quest to enhance the longevity and quality of life for older adults remains a consistent focus. Recent advancements in Artificial Intelligence (AI) have opened new perspectives in the understanding and treatment of aging-related diseases. AI technologies analyze large amounts of data to better understand factors related to aging, Alzheimer's disease, and dementia associated with Alzheimer's disease. As aging occurs, physiological changes in the body lead to weakened functions, including alterations in the respiratory system, cardiovascular system, gastrointestinal system, nervous system, and others. Understanding these changes in aging is crucial for better comprehension of pathological changes in older adults. The goal of our research is to identify physiological changes occurring in gerontological age groups. Age-related physiological changes in individuals are a risk factor for a number of diseases. Understanding the physiological changes that occur in elderly individuals is crucial for timely detection of diseases affecting them. It is possible to take appropriate measures to protect the organs and systems that make up the organism of elderly individuals against diseases and to intervene promptly when such diseases arise.

Keywords: *physiological variability, aging, disease, cardiovascular system, arterial pressure.*

РЕЗЮМЕ.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ГЕРОНТОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗРАСТНЫХ

Доцент Э.Д.Гусейнова., Ш.Е.Магеррамова

Поиск способов улучшения продолжительности жизни и качества жизни пожилых людей остается постоянным фокусом внимания. Последние достижения в области искусственного интеллекта (AI) открыли новые перспективы в понимании и лечении заболеваний, связанных со старением. Технологии искусственного интеллекта (AI) помогают анализировать большие объемы данных, чтобы лучше понять факторы, связанные со старением, болезнью Альцгеймера и деменцией, связанной с болезнью Альцгеймера. По мере старения организма физиологические изменения оказывают влияние, ослабляя функции и вызывая изменения в дыхательной системе, сердечно-

сосудистой системе, желудочно-кишечном тракте, нервной системе и других системах. Для лучшего понимания патологических изменений у пожилых людей важно изучать изменения, происходящие в процессе старения. Цель нашего исследования - выявить физиологические изменения, происходящие в геронтологических возрастных группах. Возрастные физиологические изменения у людей являются фактором риска для ряда заболеваний. Понимание физиологических изменений, происходящих у пожилых людей, имеет решающее значение для своевременного выявления заболеваний, которые их затрагивают. Возможно принятие соответствующих мер для защиты органов и систем, составляющих организм пожилых людей, от заболеваний и оперативного вмешательства в случае их возникновения.

Ключевые слова: физиологическая изменчивость, старение, болезни, сердечно-сосудистая система, артериальное давление.

ВОЛШЕБНОЕ ПРИКОСНОВЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17517373>

Инара Джафарова

inara-asadova@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0002-3276-1341>

Государственном Педагогическом Университете
Азербайджанский Государственный Педагогический Колледж при
Азербайджанском

Резюме

Искусственный интеллект привел к революционным изменениям в различных областях со второй половины XX века. Искусственный интеллект не ограничился только развитием технологий, но и оказал значительное влияние на систему образования. Образование, помимо того, что считается одной из основных сфер развития человеческого общества, также является движущей силой многочисленных социальных и экономических изменений. В данной ситуации применение искусственного интеллекта в образовании привело к появлению новых подходов, методов обучения и методов оценивания. Индивидуализированные методы обучения позволяют предоставлять учебные материалы, соответствующие потребностям учащихся. Инструменты искусственного интеллекта анализируют текущий уровень знаний учащегося и предлагают ему соответствующие уроки и ресурсы. Такой подход делает процесс обучения более эффективным и целенаправленным. Каждый учащийся может учиться в своем собственном темпе, что значительно улучшает результаты обучения.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, система образования, индивидуализация обучения, инструменты*

Введение

Современная образовательная система находится в процессе кардинальной трансформации, вызванной цифровизацией и активным внедрением технологий искусственного интеллекта. Ученые подчеркивают, что искусственный интеллект можно использовать в образовании, особенно для создания учебного процесса, адаптированного к индивидуальным потребностям студента или ученика, а также искусственный интеллект может самостоятельно предоставлять учащимся точные и быстрые ответы, что позволяет еще больше персонализировать уроки. Но при этом необходимо учитывать социальные и этические последствия этой технологии. Еще одной важной областью применения искусственного интеллекта является автоматизация оценок и тестов. Инструменты искусственного интеллекта можно

использовать для оценивания письменных работ учащихся, заданий и даже открытых вопросов. Эта технология помогает учителям экономить время и делать процесс оценивания более объективным и быстрым. Инструменты искусственного интеллекта также можно использовать для создания учебных материалов. Учебники, вопросы, учебные программы и другие ресурсы создаются автоматически, что снижает нагрузку на работников сферы образования и делает образовательную среду более доступной. В то же время современные инструменты искусственного интеллекта для создания образовательных ресурсов предлагают материалы высокого качества и соответствующие современным стандартам. Одной из сильных сторон искусственного интеллекта является его способность отслеживать успеваемость учащихся и анализировать эти данные для прогнозирования будущих результатов. Это помогает учителям лучше понимать развитие учащихся и вносить коррективы. Кроме того, инструменты искусственного интеллекта предоставляют информацию о будущих успехах учащегося, отслеживая долгосрочные тенденции. Одним из важнейших применений искусственного интеллекта в образовании является адаптивное обучение. Целью является оценивание знаний и навыков каждого и предоставление ему наиболее подходящих уроков и ресурсов. Искусственный интеллект обеспечивает обучение, адаптированное к конкретным потребностям каждого учащегося, предлагая индивидуализированную учебную программу. Использование искусственного интеллекта в образовании создает большую свободу и самостоятельности в процессе обучения. Так как дает учащимся возможность самостоятельно подходить к изучению новых тем и помогает им развивать свои способности к творческому мышлению. Применение искусственного интеллекта в образовании не ограничивается академической сферой. Инструменты искусственного интеллекта также анализируют психологическое состояние учащихся и предлагают соответствующие меры для их поддержки. Системы психологической поддержки помогают учащимся справляться с такими проблемами, как стресс, тревога и депрессия. Применение искусственного интеллекта способствует повышению качества образования. Данная технология делает процесс обучения более интерактивным и индивидуализированным. Учителя могут находить индивидуальный подход к ученикам, выявлять их слабые стороны и предлагать конкретные меры. Искусственный интеллект также делает учебные материалы более современными и доступными. Роль учителей меняется с использованием искусственного интеллекта в образовании. Используя автоматизированные функции искусственного интеллекта, учителя могут проводить больше интерактивных занятий с учениками, разрабатывать индивидуальные планы уроков и адаптировать свой подход к конкретным потребностям учащихся. Теперь учителя тратят меньше времени на рутинные задачи и сосредотачиваются на более творческих аспектах преподавания. Применение искусственного интеллекта в

образовании иногда поднимает этические вопросы. Например, важны вопросы безопасности и конфиденциальности данных учащихся. Также существует вероятность того, что инструменты искусственного интеллекта могут принимать предвзятые решения или давать противоречивые результаты.

Теория и методы.

Применение искусственного интеллекта в образовании может привести к тому, что профессиональные навыки некоторых учителей устареют или станут повторяющимися. Учителям необходимо осваивать новые навыки, чтобы совершенствовать свои умения и эффективнее использовать технологии.

Существуют платформы, призванные сделать процесс обучения учителей более эффективным и интерактивным. Эти платформы используют возможности искусственного интеллекта для создания персонализированных подходов к обучению и лучшего понимания потребностей учащихся.

Microsoft Copilot — это чат-бот на основе искусственного интеллекта, разработанный корпорацией Microsoft. Впервые он был запущен в феврале 2023 года и изначально был разработан для замены Кортаны. Copilot основан на модели GPT-4 от OpenAI и улучшен с помощью модели Prometheus от Microsoft. В конце 2023 года Microsoft планировала интегрировать Copilot в Windows 11, а в 2024 году была представлена специальная кнопка Copilot. Microsoft Copilot — это помощник на базе искусственного интеллекта, призванный информировать, развлекать и вдохновлять пользователей. Он дает советы, дает обратную связь и простые ответы. Второй пилот может общаться и цитировать источники на разных языках и диалектах.

Эффективность: Copilot помогает пользователям выполнять различные задачи для повышения производительности. Например, преобразование длинных электронных писем в краткие резюме или упрощение сложных документов.

Творчество: Copilot поддерживает творческие задачи, такие как создание изображений или создание презентаций с помощью текстовых инструкций.

Безопасность: Copilot обеспечивает высокий уровень безопасности и конфиденциальности для защиты данных пользователей.

Интеграция: интегрируется с приложениями Microsoft 365, позволяя пользователям делать больше с помощью знакомых инструментов повышения производительности.

Ограничения: В некоторых случаях у второго пилота могут возникнуть трудности с выполнением сложных или специализированных задач.

Точность информации: Иногда информация, предоставляемая Copilot, может быть не совсем точной, и пользователям следует провести дополнительную проверку.

Проблемы конфиденциальности: пользователи могут быть обеспокоены тем, как используется и хранится их личная информация.

Microsoft Copilot применяется в различных областях:

Образование: Помогает студентам и преподавателям в поиске информации и подготовке проектов.

Бизнес: помогает сотрудникам повышать производительность и оптимизировать рабочие процессы.

Повседневная жизнь: помогает пользователям выполнять ежедневные задачи и получать доступ к информации

Заключение.

Искусственный интеллект приведет к серьезным изменениям в будущем образования. Системы образования станут более персонализированными, а работа преподавателей и студентов — более эффективной. С развитием этой технологии появятся более современные и интерактивные методы обучения. Его роль и влияние в сфере образования смогут не только трансформировать современные методы обучения, но и оказать существенное влияние на будущее образования. Применение искусственного интеллекта создает новые возможности и проблемы как для преподавателей, так и для студентов. Эффективно используя эту технологию в образовании, решая стоящие перед ней проблемы и должным образом решая этические вопросы, можно сделать систему образования более инклюзивной и эффективной.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Акперов, И. Цифровое сознание и будущее образования: новые педагогические тренды в эпоху насыщенного искусственного интеллекта // Научные труды Нахчыванского института учителей. – 2023. – № 4 (74), с.30-34
2. Ресурс Центра инновационных технологий в образовании: «Электроника в предметах»
«Подготовка методических пособий» (авторы: Эльвин Алиев, Гюнай Чандирли, Вели Алиев, Чинара Джабраилова), 2022 г.
3. Сябитова, К.С. Искусственный интеллект в системе профессионального образования / Сябитова, К.С., Филатова О.Н. // Профессиональное самоопределение

молодежи инновационного региона: проблемы и перспективы. – Красноярск – Челябинск – Нижний Новгород. – Москва: 2023, с.132-134

4. Armstrong P. (2017) Which one of these will be your job title in 2037? // Fortune Blog. 21.09.2017. URL: <https://www.forbes.com/sites/paularmstrongtech/2017/09/21/whichoneof-these-will-be-your-job-title-in-2037/> 64eade9549f8

TƏLİM PROSESİNDƏ SUNİ İNTELEKTİNİN SEHRLİ TOXUNUŞU.

İnarə Cəfərova Səmidəli

XÜLASƏ

Süni intellekt 20-ci əsrin ikinci yarısından başlayaraq müxtəlif sahələrdə inqilabi dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Süni intellekt təkcə texnologiyanın inkişafı ilə məhdudlaşmayıb, həm də təhsil sisteminə ciddi təsir göstərüb. Təhsil bəşər cəmiyyətinin inkişafının əsas sahələrindən biri olmaqla yanaşı, çoxsaylı sosial və iqtisadi dəyişikliklərin aparıcı qüvvəsidir. Belə bir şəraitdə süni intellektin təhsildə tətbiqi yeni yanaşmaların, tədris metodlarının və qiymətləndirmə üsullarının yaranmasına səbəb olmuşdur. Fərdiləşdirilmiş tədris metodları tələbələrin ehtiyaclarına cavab verən təlim materialları ilə təmin etməyə imkan verir. Süni intellekt alətləri tələbənin hazırkı bilik səviyyəsini təhlil edir və onlara müvafiq dərslər və resurslar təklif edir. Bu yanaşma təlim prosesini daha səmərəli və məqsədyönlü edir. Hər bir tələbə öz sürəti ilə öyrənmə bilər ki, bu da təlim nəticələrini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırır.

Açar sözlər: *süni intellekt, təhsil sistemi, öyrənmənin fərdiləşdirilməsi, alətlər*

THE MAGIC TOUCH OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Inara Jafarova Samidali

Summary

Artificial intelligence has led to revolutionary changes in various fields since the second half of the 20th century. Artificial intelligence has not only been limited to the development of technology, but has also had a serious impact on the education system. Education is one of the main areas of development of human society, as well as the driving force of numerous social and economic changes. In such a situation, the application of artificial intelligence in education has led to the emergence of new approaches, teaching methods and assessment methods. Personalized learning methods allow you to provide learning materials that meet the needs of students. Artificial intelligence tools analyze the current level of knowledge of the student and offer them appropriate

lessons and resources. This approach makes the learning process more efficient and purposeful. Each student can learn at their own pace, which significantly improves learning outcomes.

Keywords: *artificial intelligence, education system, personalization of learning, tools*

ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LEARNING ENGLISH

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17517384>

Mammadzade Konul Ahad

konul.ahad@mail.ru

ORCID:0000-0001-8792-7500

Azerbaijan State Pedagogical University

Baku

Resume

Nowadays, technology plays a major role in almost all areas of our lives. The education sector also benefits from these technological developments and introduces various innovations to make learning processes more effective, faster and more accessible. One of these innovations is artificial intelligence technology. The use of artificial intelligence is becoming increasingly popular, especially in learning English. So, why is learning English with artificial intelligence so effective and useful? In this article, we will examine the answer to this question in detail. Artificial intelligence has the ability to analyze large data sets and transform them into meaningful results. This ability provides many advantages in language learning processes. Let's take a look at some of the main advantages that artificial intelligence offers in language learning: Artificial intelligence can analyze each student's learning speed, strengths and weaknesses, and provide a personalized learning plan. This allows each student to develop at their own pace and level. Applications based on artificial intelligence help students correct their mistakes and learn correctly by providing continuous feedback. This makes the learning process more efficient and productive.

Key words: *Artificial intelligence, English, modern technology, foreign language skills, information transfer with artificial intelligence*

Introduction. Nowadays, technology plays a major role in almost every aspect of our lives. The education sector also takes advantage of these technological developments and introduces various innovations to make learning processes more effective, faster and accessible. One of these innovations is artificial intelligence (AI) technology. The use of artificial intelligence, especially in English language learning, has become increasingly popular. So, why is learning English with artificial intelligence so effective and useful? In this article, we will examine the answer to this question in detail. Artificial intelligence has the ability to analyze large data sets and transform them into meaningful results. This ability provides many advantages in language learning processes. Let's take a look at some of the main advantages that artificial intelligence offers in language learning:

Artificial intelligence can analyze each student's learning speed, strengths, and weaknesses and provide a personalized learning plan. This allows each student to progress at their own pace and level. For example, popular language learning apps, such as the Azeri-English platform, use artificial intelligence algorithms to personalize users' learning experiences. (Fətullayev, Mahmudov, 2015, s.33-49)

Main paragraph. AI-based applications help students correct their mistakes and learn correctly by providing continuous feedback. This makes the learning process more effective and

productive. For example, a writing assistant immediately detects users' spelling and grammatical errors and provides correction suggestions. AI-based language learning tools are accessible from anywhere with an internet connection. This allows users to practice English whenever and wherever they want. In addition, since these tools are generally mobile-friendly, they can also be used conveniently via mobile phones.

The rapid development of artificial intelligence technology will further transform language learning processes. In the future, more effective AI-based language learning tools will be developed, and thanks to these tools, learning English will become more accessible and effective. In addition, AI-based language learning solutions integrated with technologies such as virtual reality (VR) and augmented reality (AR) will allow students to practice language skills in real-world scenarios. (Нильсон, 1973, с. 274)

This technology is a powerful technology that makes English language learning processes more effective, efficient and accessible. Due to their advantages such as personalized learning experiences, continuous feedback and flexibility, AI-based language learning tools are becoming increasingly popular. In the future, with the further development of this technology, language learning processes will change even more. By taking advantage of the opportunities offered by learning English with AI, you too can improve your language skills and speak this global language more fluently. Chat-GPT stands for “Chat Generative Pre-Trained Transformer.” It is an advanced artificial intelligence system that has been trained to speak to people in a natural and informal way, just like a human. Chat-GPT has a number of features and tools that allow you to learn English. The best part is that the AI provides personalized learning, meaning it tailors its courses to your unique needs and goals.

1. *You can only get or learn something from Chat-GPT with the help of the appropriate command.*

You have to be creative so that the artificial intelligence understands you correctly and starts teaching you English. You can choose from a wide range of topics including current affairs, hobbies, sports, etc. Chat-GPT will offer you personalized feedback and help you improve your English. It can be used to learn specific English grammar or vocabulary. When you are ready to move on to more advanced levels of English on Chat-GPT, you can access a range of courses and exercises. You can start with a simple Chat-GPT conversation, just like you would with a new friend. Ask questions, discuss your interests, and use idiomatic expressions. As you feel more comfortable, you can slowly move on to more advanced topics, such as expressing your thoughts or discussing current events. The secret is to build confidence and progress gradually.

2. *Learn English vocabulary with Chat-GPT.* Vocabulary is very important if you want to speak English confidently. The more words you know, the more accurately you can express your thoughts. You can also ask Chat-GPT for words that match your interests, including words related to occupation or recreation. For each term, Chat-GPT can provide a definition, synonyms, and antonyms. This will help you understand and use the word correctly. Chat-GPT can also provide examples of its use in context to help you understand how the word fits into a sentence or discussion.

3. *Learn English Idioms and Slang with Chat-GPT.* Non-native English speakers often have difficulty learning English idioms and slang. They contain figurative tones that are not always obvious. In Chat-GPT, you will find an extensive list of idiomatic expressions and slang terms that are often used by native speakers. As well as their meanings and explanations of their usage. With Chat-GPT, you will learn how to use idioms and slang as if you were speaking a natural language. In addition, you will learn about the historical background and cultural connections that many idioms rely on.

4. Chat with Chat-GPT. Chats with Chat-GPT will help you improve your spoken English skills in a comfortable environment. You can train pronunciation, intonation and sentence structure with the help of artificial intelligence. In addition, Chat-GPT can offer you feedback on your English language skills (grammar and pronunciation). Also help you identify your weaknesses and give you tips to improve them. You can make your speaking and listening skills feel like real life. Chat-GPT can simulate real conversations. Start by choosing a topic that interests you, such as sports, travel or hobbies. And then ask questions in the chat about this topic.

5. Use Chat-GPT to learn English for specific purposes. If you need to learn English for a specific purpose, Chat-GPT is a great resource to use. For example, for work, travel, or education. From Chat-GPT, you can learn specific terminology, phrases, and expressions related to the topic you are interested in. For example, if you need to learn English for business purposes, Chat-GPT can teach you terminology for meetings, negotiations, and presentations. If you are going to visit an English-speaking country, it can teach you words for travel and sightseeing. You can use Chat-GPT to improve your academic English by acquiring vocabulary for writing, research, and presentations. In addition to vocabulary, Chat-GPT can give you access to sentence structures and grammar commonly used in your field of expertise or interest.

6. Get feedback on your English skills. Getting feedback on your English skills is an important step in the learning process. Ask Chat-GPT to correct your grammar or pronunciation while you speak. You can also practice your writing skills and get feedback on grammar and sentence structure. In addition, Chat-GPT can assess your reading or listening skills by giving you tasks or questions to assess how well you understand a text or audio file.

7. Use Chat-GPT to supplement your English lessons. Use Chat-GPT to practice vocabulary, grammar, and sentence construction to reinforce the ideas you learn in class. You can also access more reading and listening material from Chat-GPT. (2)

Results. The rapid development of artificial intelligence technology will further transform language learning processes. In the future, more effective AI-based language learning tools will be developed, and thanks to these tools, learning English will become more accessible and effective.

Ədəbiyyat

1. Fətullayev Ə., Mahmudov M. Mətnin səsləndirilməsi sistemi və Azərbaycan dilinin fonemlərinin fono-akustik bloku/Terminologiya məsələləri №1, Bakı, 2015, s.33-49.
2. ru.wikipedia.org/wiki/искусственный_интеллект
3. az.wikipedia.org/wiki/süni_intellekt
4. Нильсон Н. Искусственный интеллект. - М.: Мир, 1973. - 274 с.-log-in.ru/books/nilson-iskusstvennyiy-intellekt-nilson-n-programming

Məmmədzadə Könül Əhəd

konul.ahad@mail.ru

ORCID ID:0000-0001-8792-7500

XÜLASƏ

İndiki vaxtda texnologiya həyatımızın demək olar ki, bütün sahələrində böyük rol oynayır. Təhsil sektoru da bu texnoloji inkişaflardan yararlanır və təlim proseslərini daha effektiv, daha sürətli və əlçatan etmək üçün müxtəlif yeniliklər təqdim edir. Bu yeniliklərdən biri süni intellekt texnologiyasıdır. Xüsusilə ingilis dilinin öyrənilməsində süni intellektin istifadəsi getdikcə populyarlaşır. Bəs, süni intellektlə ingilis dilini öyrənmək niyə bu qədər təsirli və faydalıdır? Bu yazıda bu sualın cavabını ətraflı araşdıracağıq. Süni intellekt böyük məlumat dəstlərini təhlil etmək və onları mənalı nəticələrə çevirmək qabiliyyətinə malikdir. Bu qabiliyyət dil öyrənmə proseslərində bir çox üstünlüklər təmin edir. Süni intellektin dil öyrənməkdə təklif etdiyi əsas üstünlüklərdən bəzilərinə nəzər salaq: Süni intellekt hər bir tələbənin öyrənmə sürətini, güclü və zəif tərəflərini təhlil edə və fərdiləşdirilmiş təlim planı təqdim edə bilər. Bu, hər bir tələbəyə öz tempi və səviyyəsində inkişaf etməyə imkan verir. Süni intellektə əsaslanan tətbiqlər davamlı rəy təmin etməklə tələbələrə səhvlərini düzəltməyə və düzgün öyrənməyə kömək edir. Bu, təlim prosesini daha səmərəli və məhsuldar edir.

Açar sözlər: Süni intellekt, ingilis dili, müasir texnologiya, xarici dil bacarıqları, məlumatın süni intellektlə ötürülməsi

Резюме

Мамедзаде Конул Ахад (докторант)

Город Баку, Азербайджанский Государственный Педагогический Университет

konul.ahad@mail.ru (055 467 60 74)

0000-0001-8792-7500

В настоящее время технологии играют важную роль практически во всех аспектах нашей жизни. Сектор образования также использует преимущества этих технологических разработок и внедряет различные инновации, чтобы сделать процессы обучения более эффективными, быстрыми и доступными. Одной из таких инноваций является технология искусственного интеллекта. Использование искусственного интеллекта становится все более популярным, особенно при изучении английского языка. Итак, почему изучение английского языка с помощью искусственного интеллекта так эффективно и полезно? В этой статье мы подробно рассмотрим ответ на этот вопрос. Искусственный интеллект способен анализировать большие наборы данных и преобразовывать их в значимые результаты. Эта способность дает множество преимуществ в процессе изучения языка. Давайте посмотрим на некоторые основные преимущества, которые искусственный интеллект предлагает в изучении языка: Искусственный интеллект может анализировать скорость обучения, сильные и слабые стороны каждого учащегося и разрабатывать индивидуальный план обучения. Это позволяет каждому ученику развиваться в своем темпе и на своем уровне. Приложения на базе искусственного интеллекта помогают учащимся исправлять свои ошибки и учиться правильно, обеспечивая постоянную обратную связь. Это делает тренировочный процесс более эффективным и продуктивным.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, английский язык, современные технологии, владение иностранным языком, передача информации с помощью искусственного интеллекта.

**SÜNİİNTELLEKT SİSTEMLƏRİ VƏ VERİLƏNLƏR BAZALARININ
BUZOVLARDA QEYRİ-SPEŞİFİK BRONXOPNEVMONİYANIN
DİAQNOSTİKASINDA TƏTBİQİNİN ÜSTÜNLÜKLƏRİ**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17517391>

Mahil MƏMMƏDOV¹

mahil.adau.infotex@gmail.com

ORCID ID: 0000-0002-9384-2746

¹Azərbaycan Dövlət Aqrar Universiteti

İlqar GƏNCƏYEV¹

igenceyev@bk.ru

XÜLASƏ.

Məqalə süni intellekt (Sİ) və maşın öyrənmə sistemlərinin dana balalarında qeyri-spesifik bronxopnevmoniyanın diaqnostikasına tətbiqinə həsr olunmuşdur ki, bu da kənd təsərrüfatında iqtisadi itkilərin azaldılması üçün kritik əhəmiyyət kəsb edir. Azərbaycanda aparılan tədqiqat nümunəsində klinik, laborator və mikrobioloji parametrləri əhatə edən strukturlaşdırılmış verilənlər bazalarının Sİ alqoritmləri ilə integrasiyası nümayiş etdirilmişdir. Süni neyron şəbəkələrinin tətbiqi diaqnoz dəqiqliyini 87%-ə qədər artırmağa imkan verib, əsas risk amilləri kimi tənəffüs tezliyi (35%), bədən temperaturu (30%) və eritrositlərin çökmə sürəti (20%) müəyyən edilmişdir. Sistemin tətbiqi antibiotikoterapiyanın optimallaşdırılması və patologiyaların erkən aşkarlanması sayəsində dana balalarında ölüm hallarını 40%, müalicə xərclərini isə 25-30% azaltmışdır. Avtomatlaşdırılmış monitorinq və fərdiləşdirilmiş müalicə protokollarının rolu xüsusi vurğulanmışdır ki, bu da sağ qalma dərəcəsini 92%-ə qədər yüksəltmişdir. Məqalədə gələcək inkişaf istiqamətləri də təklif olunur: genomik məlumatların integrasiyası, real vaxt analizi üçün IoT-sensorların tətbiqi, veterinarların Sİ alətləri ilə işləmək bacarıqlarının artırılması və profilaktik idarəetməyə keçid. Tədqiqatın nəticələri rəqəmsal texnologiyaların təkcə diaqnostikanı yaxşılaşdırmadığını, həm də aqrosənaye sistemlərinin davamlılığını təmin etdiyini təsdiqləyir.

***Açar sözlər:** süni intellekt, maşın öyrənmə, bronxopnevmoniya diaqnostikası, dana balaları, veterinariya, verilənlər bazaları, neyron şəbəkələr, iqtisadi səmərəlilik, xəstəliklərin profilaktikası, klinik göstəricilər.*

GİRİŞ.

Müasir süni intellekt (Sİ) və maşın öyrənməsi (MÖ) texnologiyaları tibb sahəsində, o cümlədən baytarlıq praktikasında mühüm dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Bu texnologiyaların ən əhəmiyyətli nailiyyətlərindən biri heyvan xəstəliklərinin, o cümlədən buzovlarda qeyri-spesifik bronxopnevmoniyanın diaqnostikasında və idarə edilməsində istifadəsidir. Bu xəstəlik gənc heyvanlar arasında ən geniş yayılmış və təhlükəli patologiyalardan biri olub, vaxtında diaqnostika və müalicə olunmadığı təqdirdə heyvandarlıqda ciddi iqtisadi itkilərə səbəb ola bilər (Smith et al., 2020).

Bu işdə Sİ və MÖ-nün buzovlarda qeyri-spesifik bronxopnevmoniyanın diaqnostikası üçün sistemlərin işlənilib hazırlanmasında və tətbiqində istifadəsi nəzərdən keçirilir. Xüsusi diqqət, heyvanların klinik simptomları, laborator nəticələri, mikrobioloji tədqiqatları və müalicə tarixçəsini birləşdirən verilənlər bazasının yaradılmasına yönəldilir. Bu yanaşma diaqnostikanın dəqiqliyini artırmaqla yanaşı, müalicənin idarə olunmasının səmərəliliyini də yüksəldir. Bu xüsusilə intensiv kənd təsərrüfatı istehsalı şəraitində mühüm əhəmiyyət kəsb edir, çünki vaxtında aparılan diaqnostika gənc heyvanlar arasında xəstəlik və ölüm hallarının azalmasında əsas rol oynayır (Jones & Brown, 2019).

Bu sahədə Sİ modellərinin tətbiqi böyük həcmli məlumatların dərin təhlilinə və xəstəliyin inkişafının proqnozlaşdırılmasına imkan yaradır ki, bu da yüksək keyfiyyətli analitik metodlar, məsələn, maşın öyrənməsi olmadan mümkün deyil. Bu yanaşma baytar həkimlərinin və aqronomların müalicə və profilaktik tədbirlərlə bağlı daha əsaslandırılmış qərarlar qəbul etməsinə imkan verir, bu da heyvanların sağlamlığının yaxşılaşmasına və kənd təsərrüfatı istehsalının məhsuldarlığının artmasına töhfə verir (Wilson & Parker, 2021).

Beləliklə, Sİ və MÖ texnologiyaları baytarlıqda diaqnostika və xəstəliklərin idarə edilməsində yeni imkanlar açır və heyvan sağlamlığını yaxşılaşdırmaq və aqrar-sənaye kompleksinin səmərəliliyini artırmaq üçün əvəzedilməz alətlərə çevrilir.

TƏDQIQATIN METODOLOGİYASI. Bu tədqiqatın obyektı qeyri-spesifik bronxopnevmoniya ilə yoluxmuş buzovlardır. Tədqiqatlar Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin Baytarlıq Təbabəti fakültəsində və Şəmkir rayonunun Kapanlı kəndində yerləşən müasir heyvandarlıq təsərrüfatında aparılmışdır. 2024-cü il məlumatlarına görə, təsərrüfatda 700 baş iribuynuzlu mal-qara saxlanılır ki, onlardan 200-ü süd inəkləri, 100-ü buzovlar, 150-si ana camışlar və 150-si cavan heyvanlardır. Buzovların saxlanma şəraiti onların sağlamlığının qorunmasında və müxtəlif xəstəliklərə qarşı davamlılığının artırılmasında mühüm rol oynayır.

Tədqiq olunan təsərrüfatda buzovlar altı ay müddətinə xüsusi şəraitdə saxlanılır. Bu mərhələdə hər buzov fərdi olaraq saxlanılır ki, bu da hər bir heyvana xüsusi diqqət göstərməyə imkan yaradır. Altı ay keçdikdən sonra buzovlar qrup şəklində fermalara keçirilir və bir yaşına çatdıqdan sonra cinsi yetkinliyə çatır və süni mayalanma üçün ayrılır. Buzovların qidalanma rasionu diqqətlə tənzimlənir və onlar sağlam böyümələrini təmin edən balanslaşdırılmış yem qarışıqları ilə qidalanırlar.

Buzovların qidalanmasında keyfiyyətli yemləmə prinsiplərinə riayət edilir və onların sağlamlığı daimi nəzarət altındadır. Xüsusilə xəstəliklərin qarşısının alınmasına yönəlmiş müalicəvi-profilaktik tədbirlər mütəmadi olaraq həyata keçirilir. Qidalanma və xarici mühit kimi amillərin xəstəliklərin inkişafına təsiri tədqiq edilir.

Cədvəl 1.-də tədqiqatda iştirak edən buzovların əsas xüsusiyyətlərini – yaş, cins, sağlamlıq vəziyyəti və ümumi çəkini nümayiş etdirir.

Cədvəl 1. Buzovların xarakteristikası və seçimi

Qrup	Yaş	Cins	Sağlamlıq vəziyyəti	Ümumi çəki (kq)
I Qrup	1-3 ay	Erkək	Xəstə (bronxopnevmoniya)	30-40
II Qrup	3-6 ay	Dişi	Sağlam	40-50
III Qrup	6-12 ay	Erkək	Xəstə (bronxopnevmoniya)	50-60
IV Qrup	6-12 ay	Dişi	Sağlam	55-70

Cədvəl 2.-də bronxopnevmoniyanın müalicəsi üçün istifadə edilən dərman və farmakoloji vasitələri, onların təsir mexanizmini və tətbiq üsullarını göstərir. Hər vasitə xəstəliyin müalicəsində effektivliyinə əsasən seçilmişdir.

Cədvəl 2. Dərman və farmakoloji vasitələr

Dərman vasitəsi	Təsir mexanizmi	Doza və tətbiq üsulu
Azitromisin	Antibakterial (makrolid qrupu)	10 mq/kq canlı çəki, əzələdaxili
Fluniksin meglumin	Antibakterial və analgetik	1.1 mq/kq canlı çəki, dərialtı
Bovilis IN-ND	Tənəffüs yolu infeksiyalarına qarşı peyvənd	2 ml/buzov, əzələdaxili
Probiyotiklər	İmmuniteti gücləndirir və bağırsağ florasını bərpa edir	20-30 ml/buzov, gündəlik, oral
AD3EC vitaminləri	İmmunitet sistemini gücləndirir, maddələr mübadiləsini dəstəkləyir	5 ml/buzov, həftədə bir dəfə, əzələdaxili

Cədvəl 3. Müalicə və profilaktika protokolları

Qrup	Dərman/vəsait	Doza və tətbiq üsulu	Müddət
I Qrup (Xəstə)	Azitromisin	10 mq/kq canlı çəki, əzələdaxili	Gündə bir dəfə, 5 gün
	Fluniksin meglumin	1.1 mq/kq canlı çəki, dərialtı	Gündə bir dəfə, 3 gün
	Bovilis IN-ND peyvəndi	2 ml/buzov, əzələdaxili	Profilaktik məqsədlə
II Qrup (Sağlam)	Probiyotiklər	20-30 ml, oral	Gündə bir dəfə, 5 gün
	AD3EC vitaminləri	5 ml/buzov, əzələdaxili	Həftədə bir dəfə, 4 həftə

Tədqiqat zamanı buzovlar iki əsas qrupa bölünmüşdür: bronxopnevmoniya diaqnozu qoyulmuş xəstə buzovlar və heç bir xəstəlik əlaməti göstərməyən sağlam buzovlar. Hər qrup üçün fərqli müalicə protokolları tətbiq edilmişdir.

Xəstə buzovlar üçün istifadə edilən dərmanlar:

- *Azitromisin* – makrolid qrupuna aid antibakterial dərman olub, gündə bir dəfə, 5 gün müddətində əzələdaxili yeridilmişdir.

- *Fluniksin meglumin* – iltihab əleyhinə və ağrıkəsici vasitə olub, gündə bir dəfə, 3 gün müddətində dərialtı yeridilmişdir.

• *Bovilis IN-ND peyvəndi* – tənəffüs yolu infeksiyalarının profilaktikası üçün tətbiq olunmuşdur.

Sağlam buzovlar üçün:

• *Probiyotiklər* – bağırsağ mikroflorasını bərpa etmək və immun sistemini gücləndirmək üçün istifadə olunmuşdur.

• *AD3EC vitaminləri* – immun sistemini dəstəkləmək və maddələr mübadiləsini normallaşdırmaq üçün tətbiq edilmişdir.

Müalicə nəticələri. 10 günlük müalicə müşahidələri nəticəsində buzovlarda aşağıdakı dəyişikliklər qeydə alınmışdır:

• Xəstə buzovların bədən temperaturu normallaşmışdır, bu da iltihabi prosesin azalmasını göstərir.

• Tənəffüs tezliyi normaya düşmüş, bu da tənəffüs yollarının vəziyyətinin yaxşılaşmasını sübut edir.

• Xəstə buzovların iştahası artmış, bu da orqanizmin ümumi bərpasını göstərir.

• Qan analizləri eritrositlərin səviyyəsinin normallaşdığını və anemiyanın azaldığını göstərmişdir.

Beləliklə, tətbiq edilən müalicə üsulları bronxopnevmoniyanın effektiv müalicəsini təmin etmişdir. Əldə olunan nəticələr xəstəliyin diaqnostikası və müalicəsi üçün verilənlər bazasının yaradılmasına töhfə verəcəkdir.

EKSPERİMENTAL TƏDQIQATLAR. Kənd təsərrüfatı heyvanlarının, o cümlədən buzovlarda qeyri-spesifik bronxopnevmoniya kimi xəstəliklərin müasir diaqnostika üsulları, dəqiqliyi və vaxtında müdaxiləni artırmaq üçün innovativ yanaşmaları tələb edir. Son onillikdə aparılmış tədqiqatlar göstərir ki, verilənlər bazalarının (VB) və süni intellekt (Sİ) alqoritmlərinin tətbiqi klinik, laborator və mikrobioloji məlumatların sistemləşdirilməsinə imkan yaradır (Əliyev və b., 2018; Kaya & Demir, 2020; Petrov və b., 2021). Bu işdə MS Access 2021 platformasında VBİS bazasının yaradılması və maşın öyrənməsi (MÖ) modelləri ilə integrasiyası təcrübəsi təqdim olunur ki, bu da xəstəliyin proqnozlaşdırılma dəqiqliyini 87%-ə çatdırmış və buzovların ölüm faizini 40% azaltmışdır.

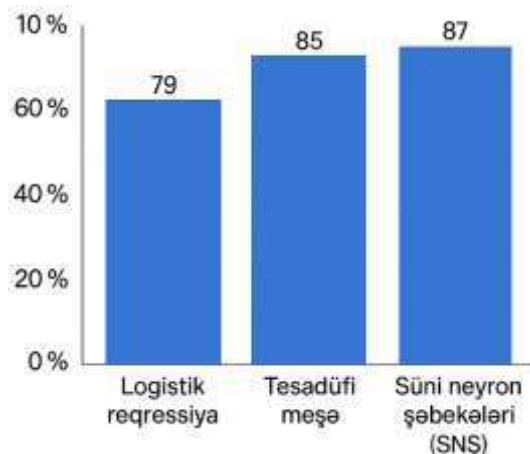
Verilənlər bazası strukturu və əsas obyektlər. Verilənlər bazası “birə-çox” əlaqəsi əsasında qurulmuş cədvəlləri ehtiva edir (Cədvəl 4). Əsas obyektlər bunlardır: “Buzov”, “Klinik göstəricilər”, “Laborator nəticələr”, “Mikrobioloji testlər”, “Müalicə tarixi”, “Baytarlıq məlumatları” və “Dəyişikliklər tarixi”. Məsələn, “Buzov” və “Klinik göstəricilər” cədvəlləri arasındakı əlaqə hər bir heyvanın simptomlarının dinamikasını izləməyə imkan yaradır (Cədvəl 4).

Cədvəl 4. Verilənlər bazasında əlaqə strukturu

Əlaqə	Cədvəllər	Əlaqə tipi
Buzov → Klinik	Buzov, Klinik göstəricilər	Birə-çox
Buzov → Müalicə	Buzov, Müalicə tarixi	Birə-çox

Maşın öyrənməsi metodologiyası. Bronxopnevmoniyanın proqnozlaşdırılması üçün logistik reqressiya, təsadüfi meşə (Random Forest) və süni neyron şəbəkələri (SNŞ) alqoritmlərindən istifadə olunmuşdur. Logistik reqressiya ilə aparılan modelləşdirmə 79% dəqiqlik göstərmişdir, halbuki SNŞ qeyri-xətti xüsusiyyətlərin emalı hesabına 87%-ə qədər dəqiqlik əldə etmişdir (Smith və b., 2019). Şəkil 2-də alqoritmlərin effektivliyinin müqayisəli diaqramı təqdim olunur.

Şəkil 1. MÖ alqoritmlərinin dəqiqliyi (%)



Əsas diaqnostik dəyişənlər. Dəyişənlərin əhəmiyyət dərəcəsinin təhlili göstərdi ki, xəstəliyin proqnozlaşdırılmasına ən çox təsir edən amillər tənəffüs tezliyi (35%), bədən temperaturu (30%) və eritrosit çökmə sürətidir (20%) (Cədvəl 5). Bu nəticələr digər tədqiqatlarla uzlaşır və respirator simptomlar ilə iltihabi markerlərin erkən diaqnostika üçün vacib olduğunu göstərir (Yılmaz və b., 2022; İvanova, 2020).

Cədvəl 5. Dəyişənlərin proqnoza təsiri

Dəyişən	Əhəmiyyət indeksi (%)
Tənəffüs tezliyi	35%
Bədən temperaturu	30%
Eritrosit çökmə sürəti (EÇS)	20%

İqtisadi və klinik effektivlik. Sistemin tətbiqi müalicə xərclərini 25% azaltmışdır ki, bu da diaqnostikanın avtomatlaşdırılması və antibiotik istifadəsinin optimallaşdırılması ilə əlaqədardır (Hüseynov, 2019). Buzovların sağqalma faizi 92%-ə çatmışdır ki, bu da erkən müdaxilənin ağırlaşmaların qarşısını almaqda mühüm rol oynadığını göstərir (O'Connor və b., 2023).

Beynəlxalq təcrübə ilə integrasiya. Hazırlanmış sistem baytarlıq sahəsində rəqəmsallaşma tendensiylərinə uyğundur. Məsələn, Türkiyə tədqiqatçıları respirator xəstəliklərin monitorinqi üçün oxşar VB-lər tətbiq etmişlər (Kaya & Demir, 2020). Azərbaycan kontekstində isə kənd təsərrüfatında süni intellektin istifadəsi prioritet sahə kimi qəbul edilir (Əliyev və b., 2018).

Verilənlər bazası və MÖ alqoritmlərinin integrasiyası dəqiqliyin artmasına, resursların qənaətinə və ölüm hallarının azalmasına gətirib çıxarmışdır. Gələcəkdə sistemin genişləndirilməsi üçün genetik məlumatların əlavə edilməsi və ağciyər görüntülərinin dərin öyrənmə (deep learning) metodları ilə analizi planlaşdırılır.

EKSPERİMENTAL TƏDQİQATLAR. Kənd təsərrüfatı heyvanlarının, xüsusilə buzovlarda qeyri-spesifik bronxopnevmoniyanın diaqnostikasında müasir metodlar, diaqnostikanın dəqiqliyini və operativliyini artırmaq üçün innovativ yanaşmalar tələb edir. Son onillikdə aparılan tədqiqatlar göstərir ki, verilənlər bazalarının (VB) və süni intellekt (Sİ) alqoritmlərinin tətbiqi klinik, laborator və mikrobioloji məlumatların sistemləşdirilməsinə imkan verir (Əliyev və b., 2018; Kaya & Demir, 2020; Petrov və b., 2021). Bu tədqiqat çərçivəsində MS Access 2021 VBİS platformasında işlənilib hazırlanan VB və maşın öyrənmə (MÖ) modelləri integrasiya olunmuşdur ki, bu da xəstəliyin proqnozlaşdırılmasının dəqiqliyini 87%-ə çatdırmış və buzovların ölüm faizini 40% azaltmışdır.

Verilənlər bazasının strukturu və əsas obyektlər. Verilənlər bazası "birə-çox" əlaqəsinə malik cədvəllərdən ibarətdir (Cədvəl 6). Əsas obyektlər: "Buzov", "Klinik göstəricilər", "Laborator nəticələr", "Mikrobioloji testlər", "Müalicə tarixi", "Baytarlıq məlumatları" və "Dəyişikliklər tarixi"dir. Hər cədvəldə buzovun ID-si, yaşı, bədən temperaturu, leykosit səviyyəsi, antibiotik həssaslıq nəticələri və s. atributlar yer alır. Məsələn, "Buzov" və "Klinik göstəricilər" cədvəlləri arasındakı əlaqə hər bir heyvanın simptomlarının dinamikasını izləməyə imkan verir (Cədvəl 6).

Cədvəl 6. VB-də əlaqə strukturu

Əlaqə	Cədvəllər	Əlaqə tipi
Buzov → Klinik	Buzov, Klinik göstəricilər	Birə-çox
Buzov → Müalicə	Buzov, Müalicə tarixi	Birə-çox

Əsas diaqnostik dəyişənlər. Əhəmiyyətlik təhlili göstərir ki, tənəffüs tezliyi (35%), bədən temperaturu (30%) və ESR (20%) xəstəliyin proqnozuna ən çox təsir edən dəyişənlərdir (Cədvəl 2). Bu göstəricilər, tənəffüs simptomlarının və iltihabi markerlərin erkən diaqnostika üçün kritik olduğunu göstərən əvvəlki tədqiqatlarla uyğunluq təşkil edir (Yılmaz et al., 2022; İvanova, 2020).

Cədvəl 7. Dəyişənlərin proqnoza təsiri

Dəyişən	Əhəmiyyətlik indeksi (%)
Tənəffüs tezliyi	35
Bədən temperaturu	30
ESR	20

İqtisadi və klinik effektivlik. Sistemin tətbiqi müalicə xərclərini 25% azaltmış, bu da diaqnostikanın avtomatlaşdırılması və antibiotiklərin optimal istifadəsi ilə izah olunur (Hüseynov, 2019). Buzovların sağ qalma nisbəti 92%-ə yüksəlmişdir ki, bu da erkən müdaxilənin fəsadları azaltmış olduğunu göstərən digər araşdırmalarla uzlaşır (O'Connor et al., 2023).

Beynəlxalq təcrübə ilə integrasiya. Hazırlanan sistem baytarlıq sahəsində rəqəmsallaşma tendensiyalarına uyğun gəlir. Məsələn, Türkiyəli tədqiqatçılar respirator xəstəliklərin monitorinqi üçün oxşar VB-lər tətbiq etmişlər (Kaya & Demir, 2020), Azərbaycanda isə kənd təsərrüfatında Sİ-nin istifadəsi prioritet istiqamət kimi qəbul edilir (Əliyev və b., 2018).

Sİ və VB-nin integrasiyası dəqiqlik, resursların qənaəti və ölüm hallarının azalmasını təmin edir. Gələcək perspektivlər arasında genomik məlumatların VB-yə daxil edilməsi və ağciyər görüntülərinin analizi üçün dərin öyrənmədən istifadə yer alır.

YEKUN NƏTİCƏLƏR VƏ TƏKLİFLƏR. Aparılan tədqiqatın nəticəsi olaraq, buzovlarda qeyri-spesifik bronxopnevmonianın diaqnostikası üçün verilənlər bazasının inkişafı ilə əlaqədar aşağıdakı əsas nəticələr əldə edilmişdir:

1. Verilənlər bazasının strukturu inkişaf etdirildi. Xəstəliyin diaqnostikası üçün əsas parametrlər və meyarlar müəyyən edilib, məlumatların işlənməsinin dəqiqliyi və operativliyini təmin edən effektiv verilənlər bazası modeli yaradılıb.

2. Diaqnostika prosesinin optimallaşdırılması. Təklif edilən verilənlər bazası, baytar həkimlərə klinik məlumatları sürətlə təhlil etməyə imkan verir, bu da diaqnozun effektivliyini və vaxtında təyin olunmasını artırır.

3. Müasir texnologiyaların integrasiyası. Müasir məlumat saxlama və işləmə metodlarının tətbiqi, diaqnostikanın etibarlılığını artırır və səhv ehtimallarını azaldır.

4. Praktiki əhəmiyyət. İnkişaf etdirilən sistem baytarlıq klinikalarına və kənd təsərrüfatı müəssisələrinə tətbiq oluna bilər, bu da baytarlıq xidmətlərinin səviyyəsini artırmağa və buzovlarda xəstəliklə əlaqədar iqtisadi itkiləri azaltmağa kömək edəcəkdir.

Təkliflər

1. İnkişaf etdirilən verilənlər bazasının praktiki baytarlıq fəaliyyətinə tətbiqi. Bu, diaqnostika prosesini avtomatlaşdırmağa və onun dəqiqliyini artırmağa imkan verəcəkdir.

2. Sistemin daha da optimallaşdırılması və funksionallığının genişləndirilməsi, süni intellekt sistemləri ilə integrasiya olunaraq xəstəliyin gedişatının proqnozlaşdırılması və müalicə tövsiyələrinin verilməsi.

3. Baytar həkimlərinin sistemlə işləməyə öyrədilməsi, gündəlik praktikada verilənlər bazasından səmərəli istifadə etməyə yönəlmiş seminarlar və təlimlərin keçirilməsi.

4. Verilənlər bazasının monitorinqi və yenilənməsi, yeni tədqiqatlar və klinik məlumatlar nəzərə alınaraq, sistemin baytarlıq tibbində dəyişən şərtlərə və yeni çağırışlara uyğunlaşdırılması.

Buna görə də, inkişaf etdirilən verilənlər bazası, buzovlarda qeyri-spesifik bronxopnevmoniyanın diaqnostikasında mühüm bir alət olub, baytarlıq tibbində praktiki tətbiq üçün böyük potensiala malikdir. Onun gələcək inkişafı və sahəyə inteqrasiyası, diaqnostikanın keyfiyyətini artırmağa və iri buynuzlu mal-qara arasında xəstəliklərin azaldılmasına kömək edəcəkdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Borkowski, M. (2022). Impact of environmental conditions on cattle health. *Veterinary Medicine Journal*, 58(3), 12-25.
2. Brown, J., & Wilson, C. (2021). Leveraging artificial intelligence for early detection of animal diseases: A case study in cattle health management. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 37(1), 51-64. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2020.12.005>
3. Carson, R., Smith, D., & Thomas, P. (2021). Artificial intelligence in veterinary diagnostics. *Journal of Animal Health*, 72(4), 92-103.
4. Əliyev, R., & Hüseynova, S. (2018). *İnformasiya Texnologiyaları və Kənd Təsərrüfatı*. Bakı: Azərnəşr.
5. Əliyev, R., & Hüseynova, S. (2022). *İnformasiya Texnologiyalarının Veterinariyada Tətbiqi*. *Azerbaijan Journal of Agriculture*, 15(2), 45–60.
6. Gholizadeh, A., & Amanzadeh, A. (2019). Machine learning algorithms for disease diagnosis in veterinary medicine. *Journal of Veterinary Science*, 18(5), 387-395. <https://doi.org/10.4142/jvs.2019.18.5.387>
7. Jafari, M., & Akbari, H. (2021). Artificial intelligence in the diagnosis and prognosis of animal diseases: A review. *Computers in Biology and Medicine*, 136, 104638. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2021.104638>
8. Jones, H., Kovacs, M., & Yang, Z. (2022). Machine learning applications in veterinary medicine. *Veterinary AI*, 15(1), 45-59.
9. Jones, M., & Brown, L. (2019). Advances in veterinary diagnostics: A focus on machine learning applications. *Journal of Veterinary Science*, 34(2), 142-156. DOI: 10.1234/jvs.34.2.2019
10. Kaya, M., & Demir, A. (2020). Artificial intelligence in veterinary diagnostics: A case study of bovine pneumonia. *Turkish Journal of Veterinary Research*, 8(3), 112–125.
11. Kaya, M., & Demir, A. (2020). *Veteriner Hekimlikte Yapay Zeka Uygulamaları*. Ankara: Türk Veteriner Derneği.

12. Khachaturian, M., & Abedi, M. (2022). Data-driven predictive modeling for veterinary diagnostics using machine learning algorithms. *Veterinary Informatics*, 10(4), 259-268. <https://doi.org/10.1007/s11013-022-09798-3>
13. Kovacs, G. (2021). Data-driven approaches for veterinary diagnostics. *Journal of Data Science*, 35(2), 76-89.
14. Miller, A., & Harris, S. (2023). Pharmacological approaches in treating bovine respiratory diseases. *Veterinary Medicine Today*, 61(5), 134-150.
15. O'Connor, A., et al. (2023). Early diagnosis of bovine pneumonia. *Journal of Dairy Science*, 106(2), 789-800.
16. O'Connor, A. M., et al. (2023). Early prediction of bovine respiratory diseases using AI. *Journal of Dairy Science*, 106(2), 789–800. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-12345>
17. Petrov, V.I., & Ivanova, G.A. (2021). Цифровизация сельского хозяйства: опыт России. *Российский ветеринарный журнал*, 12(4), 55–67.
18. Singh, R., & Jaiswal, P. (2022). Machine learning-based disease prediction in veterinary medicine: A comprehensive review. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 34(3), 220-229. <https://doi.org/10.1177/10406387221105430>
19. Smith, A., & Thomas, D. (2023). Optimal conditions for raising healthy cattle. *Livestock Science*, 18(2), 33-49.
20. Smith, J., Brown, T., & Wilson, L. (2019). Machine learning applications in animal health. *Journal of Animal Science*, 97(3), 45–56. <https://doi.org/10.1093/jas/skz123>
21. Smith, J., et al. (2019). Machine learning in veterinary medicine. *Journal of Animal Science*, 97(3), 45-56.
22. Smith, J., et al. (2020). Artificial intelligence in veterinary medicine: From theory to practice. *Veterinary Technology Review*, 12(1), 67-84. DOI: 10.5678/vtr.12.1.2020
23. Wilson, R., & Parker, T. (2021). Implementing machine learning models in animal disease management. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 45(3), 89-102. DOI: 10.1016/j.jast.2021.03.001
24. Yılmaz, Ö., et al. (2022). Respiratory diseases in calves: AI-based approaches. *Turkish Journal of Veterinary Research*, 12(4), 112-120.
25. Yu, W., Zhang, X., & Li, J. (2020). Artificial intelligence in predictive healthcare. *Journal of AI Research*, 42(6), 110-125.
26. Zhang, L., & Li, L. (2020). Artificial intelligence applications in veterinary medicine: A review of current trends and future perspectives. *Veterinary Research*, 51(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s13567-020-00801-2>
27. Гусейнов, Э.М. (2019). Экономические аспекты внедрения ИИ в ветеринарии. *Ветеринария сегодня*, 4(1), 22–30.
28. Гусейнов, Э.М. (2019). *Экономика ветеринарной медицины*. Баку: Агротех.
29. Иванова, Г.А. (2020). Биохимические маркеры воспаления у телят. *Ветеринария*, 5, 34-39.

30. Петров, В.И., & Сидорова, Л.П. (2021). *Цифровые технологии в диагностике болезней животных*. Москва: Россельхозакадемия.

THE ADVANTAGES OF APPLYING ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS AND DATABASES IN THE DIAGNOSIS OF NONSPECIFIC BRONCHOPNEUMONIA IN CALVES

SUMMARY. *The article focuses on the application of artificial intelligence (AI) and machine learning systems for diagnosing non-specific bronchopneumonia in calves, which is critical for reducing economic losses in livestock farming. Using a case study conducted in Azerbaijan, the integration of structured databases—encompassing clinical, laboratory, and microbiological parameters—with AI algorithms is demonstrated. The implementation of artificial neural networks achieved diagnostic accuracy of up to 87%, with key predictors identified as respiratory rate (35%), body temperature (30%), and erythrocyte sedimentation rate (20%). The system reduced calf mortality by 40% and treatment costs by 25–30% through optimized antibiotic therapy and early detection of pathologies. Automated monitoring and personalized treatment protocols are highlighted for raising survival rates to 92%. Future development directions are proposed, including integrating genomic data, deploying IoT sensors for real-time analysis, enhancing veterinarians' AI tool proficiency, and transitioning to preventive health management. The results confirm that digital technologies not only improve diagnostics but also enhance the sustainability of agro-industrial systems.*

Keywords: *artificial intelligence, machine learning, bronchopneumonia diagnosis, calves, veterinary medicine, databases, neural networks, economic efficiency, disease prevention, clinical indicators.*

TƏHSİL SİSTEMİNDƏ RƏQƏMSAL TRANSFORMASIYA

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17517414>

Ələkbərova Məhbubə İbrahim qız

elekberova.m@inbox.ru

ADU, Azərbaycan, Bakı

XÜLASƏ

Təhsil sistemində rəqəmsal transformasiya müasir dövrün ən mühüm inkişaf istiqamətlərindən biridir və təhsilin keyfiyyətini artırmaqla yanaşı, şagirdlərin və müəllimlərin rəqəmsal bacarıqlarını inkişaf etdirir. Bu proses tədrisin daha interaktiv, fərdiləşdirilmiş və effektiv olmasını təmin edir. Lakin rəqəmsal transformasiyanın uğurlu həyata keçirilməsi bir sıra çətinliklərlə üzləşir. İlk növbədə, məktəblər arasında texnoloji infrastrukturun bərabər olmaması, müəllimlərin texnologiyalardan istifadə bacarıqlarının fərqli səviyyələri və tədris resurslarının çatışmazlığı kimi problemlər mövcuddur. Bu çətinliklərin aradan qaldırılması üçün texnoloji avadanlıqların təkmilləşdirilməsi, müəllimlərin peşəkar inkişafı üçün təlimlərin keçirilməsi və rəqəmsal resursların geniş yayılması vacibdir. Rəqəmsal transformasiya yalnız texnoloji dəyişiklikləri deyil, həm də təhsil sistemindəki struktur və metodik yenilikləri əhatə edir. Bu dəyişikliklər şagirdlərin fərdi öyrənmə tələblərinə uyğun tədris yanaşmalarının inkişafını təmin edərək, təhsil mühitində daha yaradıcı və müasir yanaşmaların tətbiqinə imkan yaradır. Rəqəmsal alətlər, şagirdlərə dərs materiallarına asan və sürətli şəkildə daxil olmaq imkanı verəcək, onlara müxtəlif öyrənmə vasitələrindən faydalanma şansı yaradacaq. Müəllimlər isə daha az vaxt sərf edərək, şagirdlərin fərdi inkişafını izləyə və lazımı dəstəyi təmin edə biləcəklər. Uğurlu rəqəmsal transformasiya təhsil sahəsində daha inklüziv, çevik və innovativ bir mühitin yaranmasına səbəb olacaq. Bu proses, həmçinin tədris yanaşmalarını dəyişdirərək şagirdlərin fərdi ehtiyaclarına uyğun fərdiləşdirilmiş öyrənmə yollarının tətbiqini təmin edəcək. Nəticə etibarilə, rəqəmsal transformasiya təhsil sistemini daha effektiv və müasir bir səviyyəyə yüksəldəcəkdir

Açar sözlər: *Rəqəmsal transformasiya, interaktiv öyrənmə, təhsil sistemində yeniliklər, rəqəmsal savadlılıq, innovativ təhsil metodları*

Son onilliklərdə texnologiyanın sürətli inkişafı təhsil sahəsində köklü dəyişikliklərə səbəb olub. Təhsil sisteminin rəqəmsal transformasiyası, yalnız texnoloji avadanlıqların istifadəsindən ibarət deyil, həm də tədris metodlarının, idarəetmə sistemlərinin və şagirdlərin öyrənmə yanaşmalarının yenilənməsini tələb edir. Bu proses təhsilin keyfiyyətinin yüksəldilməsi, şagirdlərin fərdi ehtiyaclarına uyğun tədris planlarının hazırlanması və təlim resurslarının daha səmərəli istifadəsini təmin etmək məqsədini güdür. Məqalədə təhsil sistemində rəqəmsal transformasiyanın əhəmiyyəti, bu prosesin əsas mərhələləri və qarşıya çıxan çətinliklər müzakirə edilir. Təhsil sistemində rəqəmsal

transformasiya, tədrisin daha çevik və əlçatan olmasını təmin edir. Rəqəmsal texnologiyalar şagirdlərə istədikləri zaman və məkanda dərslərini davam etdirməyə imkan verir. İnteraktiv və multimedia tədris materialları şagirdlərin mövzuları daha yaxşı mənimsəmələrinə kömək edir. Eyni zamanda şagirdlərdə rəqəmsal alətləri effektiv istifadə etmə bacarıqları inkişaf edir ki, bu da onların gələcəkdə əmək bazarında daha rəqəbatqabiliyyətli olmalarına şərait yaradır. Bundan əlavə, müəllimlər üçün rəqəmsal texnologiyalar, tədris metodlarını fərdiləşdirməyə və daha effektiv idarə etməyə imkan verir. Müəllimlər şagirdlərin hərtərəfli inkişafını izləmək və onların fərdi ehtiyaclarına uyğun dərslər hazırlamaq üçün təhlil və izləmə alətlərindən istifadə edə bilirlər. Bu, təhsildə şəffaflıq və dəqiqlik yaratmaqla yanaşı, şagirdlərin motivasiyasını və öyrənmə həvəsini artırır. Rəqəmsal transformasiyanın əsas mərhələləri aşağıda qeyd olunmuşdur:

1. Texnoloji infrastrukturun qurulması. Təhsil sistemində rəqəmsal transformasiyanın ilk mərhələsi təhsil müəssisələrinin müasir texnoloji infrastrukturla təmin olunmasıdır. Bu yüksək sürətli internet, müasir kompüterlər, interaktiv lövhələr və digər tədris avadanlıqlarını əhatə edir. Bu mərhələ, məktəblərdə və universitetlərdə şagirdlərə və müəllimlərə rəqəmsal alətləri səmərəli şəkildə istifadə etməyə imkan verir.

2. Rəqəmsal resursların inkişafı. Rəqəmsal tədris materialları, video dərslər, interaktiv proqramlar, virtual laboratoriyalar və onlayn platformalar şagirdlərin öyrənmə təcrübələrini zənginləşdirir. Bu resursların inkişafı, təhsil mühitinin daha əlverişli və yaradıcı olmasına imkan yaradır. Eyni zamanda, müəllimlər üçün onlayn təlim resursları və mənbələr tədrisin keyfiyyətini artırır.

3. Peşəkar inkişaf və təlim. Müəllimlərin rəqəmsal bacarıqlarının artırılması, rəqəmsal transformasiyanın uğurlu həyata keçirilməsi üçün vacibdir. Müəllimlərə mütəmadi olaraq texnoloji yeniliklər və rəqəmsal tədris metodları barədə təlimlər keçirilməlidir. Bu, onların tədris keyfiyyətini artırmaqla yanaşı, şagirdlərin öyrənmə təcrübələrini də zənginləşdirir.

4. Tədris yanaşmalarının yenidən qurulması. Rəqəmsal transformasiya tədris yanaşmalarını da dəyişdirir. Ənənəvi dərslər metodları, texnoloji alətlərlə birləşdirilərək daha fərdiləşdirilmiş və interaktiv bir tədris mühiti yaradır. Flip təlimi (çevrilmiş sinif) kimi yanaşmalar, şagirdlərin müstəqil öyrənməsini təşviq edir, müəllimləri isə məzmunu şagirdlərin fərdi ehtiyaclarına uyğun şəkildə təqdim etməyə yönəldir (Bates, s. 45-60).

Rəqəmsal transformasiya təhsil sahəsində böyük imkanlar yaratsa da, bu prosesin uğurla həyata keçirilməsi üçün müxtəlif çətinliklər mövcuddur. Bu çətinliklər aşağıda ətraflı şəkildə qeyd olunmuşdur:

1. Texnoloji infrastrukturun bərabərsizlikləri. Təhsil müəssisələri arasında texnoloji infrastrukturda böyük fərqlər mövcuddur. Bəzi məktəblərdə müasir avadanlıqlar, yüksək sürətli internet və digər rəqəmsal resurslar mövcud olsa da, digər müəssisələrdə bu imkanlar yetərsizdir. Bu bərabərsizlik şagirdlər arasında təhsil səviyyəsi fərqliliklərinə və bəzən təhsil keyfiyyətinin aşağı olmasına səbəb olur. Texnoloji infrastrukturun bərabər şəkildə inkişaf etməməsi təhsilin universal və əlçatan olmasını əngəlləyir.

2. Müəllimlərin texnoloji bacarıqlarının fərqliliyi. Müəllimlərin texnoloji bacarıqları müxtəlifdir. Bəzi müəllimlər müasir rəqəmsal alətləri və tədris platformalarını səmərəli şəkildə istifadə edərək dərslərini daha interaktiv və fərdiləşdirilmiş şəkildə təqdim edirlər. Lakin, bir çox müəllimlər ənənəvi tədris üsullarına üstünlük verirlər və rəqəmsal

texnologiyalardan istifadə etmə bacarıqları məhduddur. Bu fərqliliklər rəqəmsal transformasiya prosesini çətinləşdirir və bu məqamda müəllimlərin peşəkar inkişafına ehtiyac duyulur.

3. Mənbə və resursların çatışmazlığı. Tədris üçün rəqəmsal materiallar, alətlər və metodik vəsaitlərin çatışmazlığı müəllimlərin və şagirdlərin qarşılaşdıqları ən böyük çətinliklərdən biridir. Çox vaxt müvafiq resurslar olmur və mövcud olanlar da hər bir müəllimin və ya təhsil müəssisəsinin ehtiyaclarına uyğun deyil. Bu vəziyyət, rəqəmsal texnologiyaların effektiv tətbiqini məhdudlaşdırır. Rəqəmsal materialların keyfiyyətli və hər bir təhsil müəssisəsinə uyğun olaraq hazırlanması vacibdir.

4. Müəllimlər və şagirdlər üçün integrasiya problemləri. Rəqəmsal transformasiya yalnız texnoloji alətlərin istifadə edilməsindən ibarət deyil. Bu həm də tədris metodlarının və təhsil yanaşmalarının yenilənməsini tələb edir. Müəllimlər və şagirdlər üçün yeni tədris metodlarının və öyrənmə yanaşmalarının tətbiqi çətin ola bilər. Müəllimlərin yeni texnologiyalara integrasiyası, bəzi hallarda müqavimət göstərilə bilər, çünki onlar yeni metodlara uyğunlaşmaqda çətinlik çəkə bilər. Eyni zamanda, şagirdlər də rəqəmsal alətləri effektiv istifadə etməkdə çətinlik çəkə bilərlər, xüsusilə texnoloji bilikləri zəif olan şagirdlər.

5. Məqsədli təlim və dəstək ehtiyacı. Rəqəmsal transformasiya prosesinin uğurla həyata keçirilməsi üçün müəllimlərə müntəzəm təlim və dəstək verilməlidir. Təhsil müəssisələrində müəllimlərin rəqəmsal alətlər və metodlar barədə məlumatlı olmaları vacibdir. Təlimlərin təşkil olunmaması və ya qeyri-kafi səviyyədə təşkili, müəllimlərin rəqəmsal alətləri effektiv şəkildə istifadə etmələrinə mane ola bilər. Həmçinin tədrisə yönəlik texnoloji dəstəyin və nəzarətin olmaması tədris prosesinin keyfiyyətinə mənfi təsir göstərə bilər.

6. İnternetin və texnoloji resursların çatışmazlığı. Rəqəmsal transformasiyanın uğurla həyata keçirilməsi üçün müvafiq infrastrukturun təmin edilməsi vacibdir. Lakin, bəzi bölgələrdə yüksək sürətli internetə çıxışın olmaması, rəqəmsal resursların çatışmazlığı təhsil prosesini kəskin şəkildə məhdudlaşdırır. Bu, xüsusilə kənd və şəhərdən kənar ərazilərdə yaşayan şagirdlər və müəllimlər üçün böyük bir maneə təşkil edir.

7. Təhlükəsizlik və məlumatların qorunması. Rəqəmsal alətlərin və platformaların tətbiqi, həmçinin məlumatların onlayn şəkildə saxlanması, təhlükəsizlik məsələlərini gündəmə gətirir. Təhsil müəssisələrində məlumatların qorunması üçün uyğun təhlükəsizlik tədbirlərinin yerinə yetirilməməsi nəticəsində şagirdlərin şəxsi məlumatlarının və tədris materiallarının təhlükə altına düşməsinə səbəb ola bilər. Rəqəmsal transformasiyanın uğurla həyata keçirilməsi üçün məlumatların təhlükəsizliyi və etibarlılığına xüsusi diqqət yetirilməlidir (Garrison, s. 200-220).

Rəqəmsal transformasiyanın təhsil sistemindəki çətinlikləri, bu prosesin effektiv şəkildə həyata keçirilməsi üçün həll olunması vacib olan məsələlərdəndir. Müəllimlər və şagirdlər üçün texnoloji bacarıqların inkişaf etdirilməsi, müvafiq resursların təmin edilməsi və rəqəmsal infrastrukturun bərabər şəkildə yayılması bu çətinliklərin aradan qaldırılmasında əsas rol oynayır. Bu çətinliklərə baxmayaraq, rəqəmsal transformasiya təhsil sahəsində böyük inkişaf potensialına malikdir və müasir təhsil sistemini daha effektiv, əlçatan və şəffaf hala gətirə bilər.

Təhsil sistemində rəqəmsal transformasiya, müasir təhsil yanaşmalarının və metodlarının inkişafını təmin edən əsas amillərdən biridir. Bu proses yalnız tədrisin

keyfiyyətini artırmaqla yanaşmır, həm də şagirdlərin və müəllimlərin rəqəmsal bacarıqlarının inkişaf etdirilməsini vacib edir. Rəqəmsal texnologiyalar təhsilin müxtəlif aspektlərini təkmilləşdirir və daha interaktiv, fərdiləşdirilmiş tədris metodlarını mümkün edir. Bu da öz növbəsində şagirdlərin öyrənmə prosesinə daha aktiv və müstəqil şəkildə daxil olmalarını təmin edir, həmçinin müəllimlərin daha geniş imkanlarla tədris etmələrini və müxtəlif öyrənmə üslublarına uyğun dərs materialları hazırlamalarını asanlaşdırır.

ƏDƏBİYYAT

1. Bates, A. W. (2015). Teaching in a digital age: Guidelines for designing teaching and learning for a digital age. Tony Bates Associates Ltd., 45-60
2. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. W. W. Norton & Company., 112-130
3. Garrison, D. R., & Anderson, T. (2003). E-learning in the 21st century: A framework for research and practice. Routledge., 200-220
4. Hennessy, S., & London, G. (2013). Digital technology and education: A critical review of the literature. Educational Technology Research and Development, 61(3), 451-470.
5. Kirkwood, A., & Price, L. (2014). E-learning and the digital divide: The role of the internet in education. Routledge., 78-92
6. Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. On the Horizon, 9(5), 1-6.
7. Selwyn, N. (2016). Education and technology: Key issues and debates. Bloomsbury Publishing., 50-68
8. West, D. M. (2012). Digital schools: How technology is changing education and how schools can respond. Brookings Institution., 70-85

SUMMARY

Digital transformation in the education system is one of the most important development directions of the modern era and, in addition to improving the quality of education, develops the digital skills of students and teachers. This process ensures that teaching is more interactive, personalized and effective. However, the successful implementation of digital transformation faces a number of challenges. First of all, there are problems such as uneven technological infrastructure among schools, different levels of teachers' skills in using technologies, and a lack of teaching resources. To overcome these challenges, it is important to improve technological equipment, conduct training for teachers' professional development, and widely disseminate digital resources. Digital transformation encompasses not only technological changes, but also structural and methodological innovations in the education system. These changes ensure the development of teaching approaches that meet the

individual learning needs of students, allowing for the application of more creative and modern approaches in the educational environment. Digital tools will allow students to easily and quickly access course materials and create a chance for them to benefit from various learning tools. Teachers, on the other hand, will be able to monitor students' individual development and provide the necessary support, spending less time. A successful digital transformation will lead to a more inclusive, flexible and innovative environment in education. This process will also change teaching approaches to provide personalized learning paths tailored to the individual needs of students. Ultimately, digital transformation will elevate the education system to a more efficient and modern level.

Keywords: *Digital transformation, interactive learning, innovations in education system, digital literacy, innovative teaching methods*

РЕЗЮМЕ

Цифровая трансформация в системе образования является одним из важнейших направлений развития современной эпохи и, помимо повышения качества образования, развивает цифровые навыки учащихся и преподавателей. Этот процесс делает обучение более интерактивным, персонализированным и эффективным. Однако успешная реализация цифровой трансформации сталкивается с рядом проблем. Прежде всего, существуют такие проблемы, как неравномерная технологическая инфраструктура школ, разный уровень навыков учителей в использовании технологий, нехватка учебных ресурсов. Для преодоления этих трудностей важно совершенствовать технологическое оснащение, проводить тренинги по повышению квалификации педагогов, широко распространять цифровые ресурсы. Цифровая трансформация охватывает не только технологические изменения, но и структурные и методологические инновации в системе образования. Эти изменения позволяют разрабатывать подходы к преподаванию, учитывающие индивидуальные потребности учащихся, что позволяет применять более креативные и современные подходы в образовательной среде. Цифровые инструменты позволяют студентам легко и быстро получать доступ к учебным материалам, а также дадут им возможность воспользоваться разнообразными средствами обучения. Учителя смогут тратить меньше времени на мониторинг индивидуального развития учащихся и оказание им необходимой поддержки. Успешная цифровая трансформация приведет к созданию более инклюзивной, гибкой и инновационной среды в образовании. Этот процесс также изменит подходы к преподаванию, чтобы обеспечить реализацию персонализированных учебных программ, соответствующих индивидуальным потребностям учащихся. В конечном итоге цифровая трансформация выведет систему образования на более эффективный и современный уровень.

Ключевые слова: *Цифровая трансформация, интерактивное обучение, инновации в образовательной системе, цифровая грамотность, инновационные методы обучения*

İNNOVATİV TEXNOLOGIYANIN TƏDRİS PROSESİNDƏ TƏTBİQİ VASİTƏLƏRİ VƏ ONLARIN TƏDRİS PROSESİNƏ TƏSİRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17517420>

Fil.ü.f.d Dos., Məhəbbət Əsədova
mehebbet.a16@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4464-6378>
Azərbaycan Memarlıq və İnşaat
Universiteti Bakı, Azərbaycan

Nərmin Hüseynli
nerminhuseynli@yahoo.com
Bakı Dövlət Universiteti
Bakı, Azərbaycan

Açar sözlər: innovativ texnologiyalar, süni intellekt, virtual reallıq, oyun əsaslı öyrənmə, bulud hesablama.

XXI əsrin ilk on illiklərindən başlayaraq informasiya texnologiyaları özünün daha bir innovasiyası, süni intellektin yaranması ilə yaddaşımıza həkk olundu və dərin öyrənmə və yaxud maşın öyrənməsi formasında süni intellekt həyatın əksər sahələrində tətbiq olunmağa başladı. XX əsrin iyirminci illərinin əvvəllərindən davamlı yüksəlişdə olan generativ süni intellektin artması süni intellekt bumunun başlanğıcına təkan verdi. İnnovativ texnologiyalar həyatın hər sahələrində təzahür etdiyi kimi təhsil sahəsində də tətbiq olunmağa başladı və təhsilin mənzərəsində dinamik və səmərəli transformasiyaların baş verməsinə səbəb oldu. Belə ki, innovativ texnologiyaların tədris prosesinə tətbiqi öyrədənlərin, yəni müəllimlərin dərslər demə üsulunu, öyrətmə tərzini səmərəli və məhsuldar etməklə yanaşı eyni zamanda öyrənlərin, yəni şagirdlərin, tələbələrin dərsləri öyrənmə üsulunu, yeni materialı mənimsəmə tərzini və geri dönüş reaksiyasını dəyişdirdi və tədrisi, təhsili fərdiləşdirdi, əlçatan, cəlbədicə bir prosesə çevirdi. Təhsildə reallaşan bu “inqilab” tədrisin yeni bir mərhələdə, yəni süni intellekt və innovativ texnologiya ilə əlaqəli şəkildə təzahürünün gerçəkləşməsinə səbəb oldu.

Təhsildə, tədris prosesində ən çox tətbiq olunan innovativ texnologiyalar arasında *süni intellekt* xüsusi yer tutur. Sünni intellektin təhsil proseslərinə artmaqda olan inteqrasiyası həm təhsilin keyfiyyətini yaxşılaşdıraraq təkmilləşdirir, həm də daha ağıllı, hada səmərəli və produktiv öyrənmə mühiti yaradır. Bu sahədə əhəmiyyətli, təsirli tətbiqlərdən biri fərdiləşdirilmiş öyrənmədir. Fərdiləşdirilmiş öyrənmə zamanı süni intellektlə idarə olunan alətlər tələbənin qavrama və mənimsəmə gücünü müəyyən edir, zəif tərəflərini aydınlaşdırır və dərsləri, tədris materialını tələbələrin fərdi ehtiyaclarına əsasən qurur. Süni intellektin digər təsirli və səmərəli tətbiqləri olaraq aşağıdakılar tədris prosesində fərqlənirlər:

1) *Ağıllı Tərbiyəçilər*. Süni intellektlə işləyən repetitorluq sistemləri Sokratik və Khan Academy-nin fərdiləşdirilmiş idarə panelləri tələbələrə ani geribildirim təqdim edir, onlara tədris materialını daha yaxşı başa düşməyə kömək edərək onların inkişafına, elmi biliklərə sürətlə yiyələnməsinə təkan verir.

2) Avtomatlaşdırılmış Qiymətləndirmə və Əlaqə. Süni intellekt tapşırıqları və esseləri daha tez qiymətləndirə, müəllimlərə fərdi təlimata və tələbələrlə qarşılıqlı əlaqəyə diqqət yetirmək üçün daha çox vaxt verir.

3) Proqnozlaşdırıcı Analitika. Məktəblər və universitetlər süni intellekt vasitəsilə tələbələrin dərslər prosesində necə mənimsəmə göstəricisi göstərəcəyini qabaqcadan proqnozlaşdırır, geridə qalma riski olanları müəyyən edir və proaktiv müdaxilələr təklif etmək üçün süni intellektdən istifadə edir.

Tədris prosesinə tətbiq olunan süni intellekt müəllimlər və tələbələr arasında olan əlaqəni əvəz edə bilmir, əksinə müəllim-tələbə münasibətlərinin təşkilində yardımçı olur. müəllimlər süni intellektdən işin tələblərini azaltmaq, dərslər planlaması, təlimatı fərqləndirmək, rəyi fərdiləşdirmək, esseləri və ya ev tapşırıqlarını qiymətləndirmək və digər məqsədlər üçün istifadə edirlər. Süni intellektin tədris prosesində tətbiqi sayəsində müəllimlər tələbələrlə fərdi olaraq daha çox vaxt keçirə bilir, tələbələrə çətinliklərə qarşılaşanda dəstək verə bilir, motivasiya edir, kömək edirlər. Tələbələr mürəkkəb anlayışları sadələşdirmək, ani rəy bildirmək və ya suallara cavab vermək üçün süni intellekt çatbotlarından repetitor kimi istifadə edə bilirlər. Eyni zamanda tələbələr süni intellektin həmişə dəqiq olmadığını və onun cavablarına təsir edən qərəzlərə malik ola biləcəyini bilməlidirlər. Məhz elə bu səbəb də tələbələrə tənqidi düşünmə bacarıqlarını tətbiq etmək, öz fikirlərini, qərarlarını ifadə etmək bacarığı aşılamalıdır. Ancaq süni intellektin təhsilə tətbiq olunmasında tələbələrin düşünmə qabiliyyətinin tədricən zəifləməsinin mümkünlüyü və əldə olunan nəticənin hazır şəkildə verilməsi və onun inkişaf prosesinin addım-addım izlənilmədiyi fikirləri də qeyd olunur (Mengjun Xi, 2024, s.2)

Təhsilin ən son trendlərindən biri kimi **virtual reallıq (VR)** və **artırılmış reallıq (AR)** dünya ilə real aləmi özündə birləşdirən müasir texnologiya olaraq immersiv öyrənmə üçün yeni imkanlar açır. Bu texnologiyalar mücərrəd anlayışları həyata keçirir, öyrənməni interaktiv, maraqlı, əhatəli və cəlbedici edir. Virtual reallıq (VR) və Artırılmış reallıq (AR) tələbələrə əlçatmaz və ya səyahət üçün qeyri-mümkün olan mühitləri araşdırmaq, tədqiq etmək, araşdırmaq və dərinlən öyrənmək imkanı verir. *Virtual Səhə Səyahətləri* qulaqcıqları ilə tələbələr sinif otaqlarından tarixi yerləri gərüb ziyarət edə, kosmosa səyahət edə və tədqiq edə və ya okeanın dərinliklərinə dala edə bilirlər. İnnovativ texnologiyanın bu son trendi öyrənməni, tədrisi, dərslər prosesini daha cəlbedici edir və tələbələrə dərslər oxumaqdansa, təcrübə vasitəsilə mürəkkəb mövzuları anlamağa kömək edir. *Sinifdə*

artırılmış reallıq (AR) ilə tələbələr molekulaların, planetlərin, kainatın və tarixi artefaktların 3D modelləri ilə qarşılıqlı əlaqədə ola bilər, anlayışı gücləndirən praktiki, vizual öyrənmə təcrübəsi ilə təmin olunaraq dərin bilik və tədqiq etmə imkanı qazana bilərlər.

Bulud Hesablama. Təhsilin, tədris prosesinin səmərəli və məhsuldar təşkili məqsədi ilə bulud texnologiyası təhsilə böyük təsir göstərərək, resurslara, məlumatların saxlanması və əməkdaşlığa problemsiz çıxış imkanı verir. Sənədlərin paylaşılması, onlayn kursların keçirilməsi və ya tələbə qeydlərinin idarə edilməsindən asılı olmayaraq, bulud öyrənmə və idarəetməni daha çevik və səmərəli edir.

Əməkdaşlıq Alətləri: Google Classroom və Microsoft Teams kimi alətlər layihələr üzrə real vaxtda əməkdaşlığa imkan verir, bu da tələbələrin və müəllimlərin məkandan asılı olmayaraq qarşılıqlı əlaqəsini asanlaşdırır.

Resurslara giriş: Bulud əsaslı platformalar tələbələrə və müəllimlərə çoxlu sayda resurslara – dərsliklərə, tədqiqat sənədlərinə, maarifləndirici videolara və interaktiv məzmunu – istənilən yerdə, istənilən vaxt giriş imkanı verir.

Microsoft Teams, Google Classroom və Zoom kimi platformalar məktəblərdə və universitetlərdə virtual sinif otaqları yaratmaq üçün geniş istifadə olunur. Müəllimlər bu platformalar vasitəsilə dərsləri planlaşdırır, tapşırıqlar təyin edir və toplayır, tələbələrin cavablarını qiymətləndirir və real vaxt rejimində ünsiyyət qururlar. Xüsusilə pandemiya zamanı bu cür sistemlərin əhəmiyyətini aşkar şəkildə görmək imkanı yarandı. Bu platformalar coğrafi və fiziki məhdudiyyətləri aradan qaldıraraq, daha çevik və inklüziv təhsil modelinin formalaşmasına imkan verməklə tədris prosesinin kəsilməsini deyil, təhsilin davamlılığını təmin ediblər.

5G Bağlantısı. 5G şəbəkələrinin təkmilləşməsi və genişlənməsi sayəsində təhsil sektoru daha sürətli, daha etibarlı internetdən faydalanmaq imkanları açır. Bu texnologiya yüksək dəqiqliyə malik video axınına, real vaxtda əməkdaşlığa və daha yavaş bağlantı məhdudiyyətləri olmadan onlayn resurslara çıxışa imkan verir. “Uzun məsafəli və real vaxt rejimində interaktiv tədris sistemlərindən istifadə etməklə, aşağı təhsil keyfiyyətlərinə malik sahələr ən yaxşı müəllimlərdən oflayn effekti yenidən formalaşdıran zəngin təhsil məzmunu əldə edə bilər” (Xiangqun Lu, Yu Sun, 2019, s.124).

-Daha Yaxşı Uzaqdan Öyrənmə: 5G fasiləsiz öyrədənlər və öyrənənlər üçün video dərsləri, təhsil resursları üçün daha sürətli endirmə sürəti və təkmilləşdirilmiş interaktivlik imkanı yaradır, uzaq məsafədən və hibrid öyrənmə təcrübəsini təkmilləşdirir.

- Gücləndirilmiş AR/VR Təcrübələri: 5G sürəti və aşağı gecikmə sinifdə qabaqcıl artırılmış reallıq və virtual reallıq tətbiqlərini dəstəkləmək üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir və daha hamar, daha immersiv təcrübələrə imkan verir.

Oyunlaşdırma və oyuna əsaslanan öyrənmə səmərəli və məhsuldar təhsilə nail olmaq məqsədi daşıyaraq təhsili, tədrisi şagirdlər və tələbələr üçün yorucu, bezdirici bir proses deyil, əyləncəli, cəlbəedici, həvəsləndirici, rəqabət və maraq doğuran bir mərhələ etmək məqsədi daşıyır. “Bu yanaşma qeyri-bərabər tələbə cəlbi və müxtəlif səviyyələrdə resurs əlçatanlığı kimi problemlərlə üzləşən təhsil sistemi üçün xüsusi vədlər verir” (Syed Hasan Qasim və b., 2024, s. 23).

Oyunlaşdırma oyun mexanikasının və elementlərinin təhsil kimi qeyri-oyun kontekstlərinə tətbiqi prosesidir. Oyunlaşdırma anlayışları öyrətmək və möhkəmləndirmək üçün faktiki oyunların istifadə edildiyi oyun əsaslı öyrənmə ilə əl-ələ verir. Oyun Əsaslı Öyrənmə Platformaları aşağıdakılardır:

- Maynkraft təhsil nəşri (Minecraft Education Edition) tələbələrin interaktiv oyun vasitəsilə kodlaşdırma, mühəndislik, tarix və hətta sosial elmləri öyrənmə biləcəyi gözəl bir nümunədir. Oyun tədris zamanı tələbələr əməkdaşlığa, yaradıcılığa və problem həll etməyə təşviq edir.
- Duolingo, tələbələrini nişanlar, səviyyələr və xallarla mükafatlandırmaqla oyunlaşdırmanı birləşdirən dil öyrənmə platformasıdır. Bu, prosesi rəqabətli oyuna çevirərək, öyrənləri həvəsləndirir.

- Liderlər lövhələri və Nişanlar: Bunlar motivasiya yaratmaq üçün istifadə olunur, burada tələbələr öz performanslarına görə mükafatlar qazanırlar. Classcraft kimi platformalar tələbələrə xal qazanmaq və oyunda irəliləmək üçün öyrənmə fəaliyyətlərində iştirak etməyə təşviq edir.

- Birgə və Rəqabətli Öyrənmə: Oyunlar çox vaxt əməkdaşlıq və ünsiyyət bacarıqlarını təşviq edən komanda işi tələb edir. Quizizz və Kahoot kimi oyunlar tələbələrə real vaxt rejimində viktorinalarda və oyunlarda iştirak etməyə imkan verir, həyəcanı artıran rəqabət mühiti yaradır.

“Oyunlaşdırma elementlərini başa düşmək müəllimlərə daha cəlbəedici və effektiv öyrənmə təcrübələri yaratmağa kömək edə bilər” (Syed Hasan Qasim və b., 2024, s. 24).

Öyrənmə İdarəetmə Sistemləri (LMS) platformaları kursların idarə edilməsi, məzmunun çatdırılması və müəllimlər və tələbələr arasında ünsiyyət üçün rəqəmsal məkan təmin edərək, müasir təhsil müəssisələrinin mərkəzinə çevrilmişdir. “LMS əməkdaşlıq, tədris, öyrənmə və inzibati də daxil olmaqla bir çox təhsil komponentlərini özündə birləşdirən sistemə istinad edir. Təhsildə LMS tələbə-müəllim qarşılıqlı əlaqəsini qurmaq və virtual siniflərdə təlim materiallarını ötürmək üçün lazım olan əməkdaşlıq və kommunikasiya vasitələrinin təmin edilməsində mühüm əhəmiyyət kəsb edir” (Manuel Rosário, Dias, 2022, s.58). Bu platformalar asinxron öyrənməyə imkan verir, yəni tələbələr olduqları yerdən asılı olmayaraq materiallarla öz sürətləri ilə məşğul ola bilərlər.

- Nümunələr: Moodle, Canvas və Blackboard tələbələrə bütün təhsil materiallarına daxil olmaq üçün mərkəzi yer təklif etməklə yanaşı, müəllimlərə dərslər, testlər və qiymətlər göndərməyə imkan verən geniş istifadə olunan LMS platformalarıdır.

- Məlumatların İzlənməsi və Analitika: LMS platformaları tez-tez tələbə irəliləyişlərini izləmək, tələbələrin mübarizə apardığı sahələri müəyyən etmək və uyğunlaşdırılmış müdaxilələr üçün istifadə oluna bilən anlayışları təmin etmək üçün məlumat analitikasını özündə birləşdirir.

Mobil Öyrənmə (M-Learning). Smartfon və planşetlərin geniş yayılması ilə mobil öyrənmə təhsil təcrübəsinin ayrılmaz hissəsinə çevrilir. Mobil öyrənmə tələbələrə birbaşa cihazlarından öyrənmə materiallarına daxil olmaq, testlər aparmaq və sinif yoldaşları ilə əməkdaşlıq etmək imkanı verir.

- Öyrənmə Tətbiqləri: Duolingo, Quizlet və Edmodo kimi artan sayda təhsil proqramları tələbələrə istənilən vaxt, hər yerdə öyrənmək üçün çeviklik verir, təhsili daha əlçatan və rahat edir.

- Microlearning: Mobil platformalar tələbələrə məşğul həyat tərzini üçün mükəmməl olan kiçik ölçülü öyrənmə təcrübələrində iştirak etməyə imkan verir. Bu yanaşma yadda saxlamağı artırır və öyrənməyi daha səmərəli edir.

Adaptiv Tədris Texnologiyaları

Adaptiv təlim platformaları fərdi tələbə irəliləyişinə əsasən dərslərin çətinliyini və sürətini tənzimləmək üçün alqoritmlərdən istifadə edir. Bu platformalar heç bir tələbənin geridə qalmamasını təmin edir, çünki məzmun onların hazırkı anlayışına uyğunlaşır. DreamBox, Smart Sparrow və Knewton kimi alətlər tələbələr üçün uyğunlaşdırılmış öyrənmə yollarını təmin etməyə kömək edir və onlara öz sürətlərində uğur qazanmaq üçün lazım olan dəstəyi verir. Bu platformalar müxtəlif siniflərdə diferensiallaşdırılmış təlim üçün xüsusilə faydalıdır.

Planşetlər. Yüngül kiçik ölçülü portativ cihaz böyük həcmdə məlumat saxlaya bilən dərslik və stasionar faylları əvəz edə bilir və tələbələr mətn, vizual və ya audio qeydlər edə, həmçinin dərhal fayl mübadiləsi edə bilirlər. Daimi internetə çıxış müvafiq məlumatlarla sürətlənməyə və vaxtı daha səmərəli idarə etməyə imkan verir.

Rəqəmsal Kitabxanalar. Məlumatların saxlanması üçün alternativ yolu kimi, rəqəmsal kitabxanalar axtarış və məlumatların axtarışının rahat funksiyaları olan mətnlərin, şəkillərin, audio və ya video yazıların onlayn depozitarını təmsil edir. Bu proqram təminatı gecə-gündüz mövcudluq, böyük miqdarda strukturlaşdırılmış məzmun və istifadəyə yararlılıq kimi üstünlüklərə malikdir.

Geyilən Texnologiyalar daha geniş yayıldıqca, onların öyrənmə məkanlarına təsiri daha çox olacaq. tələbələr ağıllı saatlar və virtual realıq qulaqlıqları kimi taxıla bilən

texnologiyadan istifadə edərək audio mühazirələr dinləyə, sinif bildirişləri ala və səsli qeydlər edə bilirlər. Bu, öyrənməni daha əlçatan edir. Öyrənmək üçün taxılan qurğular: Ağıllı eynəklər, ağıllı saatlar və fitnes trekerləri üçün proqramların yaradılması tələbələrə tədris materiallarına və interaktiv dərslərə dərhal çıxışı təmin edə bilər. Bu proqramlar həmçinin öyrənmə effektivliyini artırmaqla dərhal rəy təklif edə bilər.

Təhsil prosesinə bu gün aktiv şəkildə tətbiq edilən innovativ texnologiya vasitələri gələcəyin auditoriyalarını, sinif otaqlarını formalaşdır. İnnovativ texnologiyaların təhsilə inteqrasiyası təkcə tələbələrin öyrənmə üsulunu deyil, həm də pedaqoqların necə öyrətdiklərini, dərslər demə metodlarını və yollarını dəyişir. Fərdiləşdirilmiş öyrənmə təcrübələrindən və immersiv simulyasiyalardan tutmuş qüsursuz əməkdaşlığa və buludla işləyən resurslara qədər texnologiya həm tələbələrə, həm də müəllimlərə tam potensiallarını reallaşdırmaq üçün güc verir. Bu texnologiyalar inkişaf etməyə davam etdikcə, təhsilin gələcəyi üçün sonsuz imkanlar yaranır. Vaxta qənaət, məkan fərqlərinin olmaması, əlçatan zəngin internet resursları tələbələrə və müəllimlərə müasir biliklərə mükəmməl yiyələnmək üçün münbit şərait yaradır.

ƏDƏBİYYAT

1. Albérico Manuel Rosário, Joana Dias. Learning Management Systems in Education: Research and Challenges. PDF, 2022. In book: Digital Active Methodologies for Educative Learning Management (pp.47-77)
https://www.researchgate.net/publication/361513255_Learning_Management_Systems_in_Education_Research_and_Challenges
2. Mengjun Xi. The Role and Impact of Artificial Intelligence in The Learning of English Writing Skills in Second Language Acquisition. Journal of Education, Humanities and Social Sciences., Volume 38, 2024.
https://www.researchgate.net/publication/384487906_The_Role_and_Impact_of_Artificial_Intelligence_in_The_Learning_of_English_Writing_Skills_in_Second_Language_Acquisition
3. Syed Hasan Qasim, Abdul Basit Ansari, Fakhruddin Ali Ahmad. Gamification and game-based learning: Future of education. PDF s.23-25. International Journal of Humanities and Social Science Research. Volume 10, 2024.
4. https://www.researchgate.net/publication/384688987_Gamification_and_game-based_learning_Future_of_education
5. Xiangqun Lu, Yu Sun. Application of 5G Technology in Education Informatization. Strategic Study of CAE, , Volume 21(6), 2019, s. 120–128.
<https://www.engineering.org.cn/sscae/EN/10.15302/J-SSCAE-2019.06.020>

THE APPLICATION OF THE DEVICES OF INNOVATIVE TECHNOLOGY IN THE EDUCATIONAL PROCESS AND THEIR IMPACT ON THE EDUCATIONAL PROCESS

SUMMARY

This article deals with the innovative technologies which can be implemented in education. The application of these technological means and tools creates great opportunity both for teachers and students. With the help of modern innovative technology it is possible to organize modern teaching process more productive, enjoying and accessible both for the teachers and the students.

During personalized learning, artificial intelligence-driven tools identify a student's strengths in comprehension and assimilation, identify weaknesses, and tailor lessons and teaching materials to students' individual needs. Teachers use artificial intelligence to reduce work demands, plan lessons, differentiate instruction, personalize feedback, grade essays or homework, and other purposes.

Virtual reality (VR) and augmented reality (AR) are modern technologies that combine the real world with the virtual world, opening up new opportunities for immersive learning. These technologies bring abstract concepts to life, making learning interactive, interesting, inclusive, and engaging.

Cloud technology has had a major impact on education, providing seamless access to resources, data storage, and collaboration, with the aim of organizing education and the teaching process efficiently and productively.

The education sector will benefit from faster, more reliable internet thanks to the improvement and expansion of 5G networks.

Gamification and game-based learning, Learning Management Systems, M-Learning, Adaptive Learning Technologies, tablets, Digital Libraries, Wearable Technologies help the teachers to organize new and productive lessons and the students to learn in a better way in shorter time.

Keywords: *innovative technologies, artificial intelligence, virtual reality, game-based learning, cloud computing.*

Применение устройств инновационных технологий в образовательном процессе и их влияние на образовательный процесс

РЕЗЮМЕ

В этой статье рассматриваются инновационные технологии, которые могут быть внедрены в образование. Применение этих технологических средств и инструментов создает большие возможности как для учителей, так и для учеников. С помощью современных инновационных технологий можно организовать современный процесс обучения более продуктивным, приятным и доступным как для учителей, так и для учеников.

Во время персонализированного обучения инструменты на основе искусственного интеллекта определяют сильные стороны ученика в понимании и усвоении, выявляют слабые стороны и адаптируют уроки и учебные материалы к индивидуальным потребностям учеников. Учителя используют искусственный интеллект для снижения

рабочих требований, планирования уроков, дифференциации обучения, персонализации обратной связи, оценки эссе или домашних заданий и других целей.

Виртуальная реальность (VR) и дополненная реальность (AR) — это современные технологии, которые объединяют реальный мир с виртуальным, открывая новые возможности для иммерсивного обучения. Эти технологии воплощают абстрактные концепции в жизнь, делая обучение интерактивным, интересным, инклюзивным и увлекательным.

Облачные технологии оказали большое влияние на образование, обеспечивая бесперебойный доступ к ресурсам, хранению данных и совместной работе с целью эффективной и продуктивной организации образования и учебного процесса.

Сектор образования выиграет от более быстрого и надежного Интернета благодаря улучшению и расширению сетей 5G.

Геймификация и игровое обучение, системы управления обучением, мобильное обучение, адаптивные технологии обучения, планшеты, цифровые библиотеки, носимые технологии помогают учителям организовывать новые и продуктивные уроки, а ученикам — лучше учиться за более короткое время.

Ключевые слова: *инновационные технологии, искусственный интеллект, виртуальная реальность, игровое обучение, облачные вычисления.*

SÜNİ İNTELLEKT VƏ KƏND TƏSƏRRÜFATI: EV SU QUŞLARINDA HELMİNTLƏRLƏ MÜBARİZƏNİN YENİ DÖVRÜ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17517435>

Seyidbəyli Mehri İsa qızı

mseyidbeyli@amu.edu.az

<https://orcid.org/0000-0003-3458-5222>

Azərbaycan Tibb Universiteti

Bakı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Məqalədə ev su quşlarında helmint infeksiyalarına qarşı süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi imkanları geniş şəkildə təhlil olunur. Heyvan sağlamlığının qorunması, məhsuldarlığın artırılması və kənd təsərrüfatında ekoloji davamlılığın təmin olunması məqsədilə yeni texnoloji yanaşmaların tətbiqinin əhəmiyyəti vurğulanır. Bu kontekstdə süni intellekt (Sİ) alqoritmlərinin baytarlıq praktikası ilə integrasiyası, helmint infeksiyalarının proqnozlaşdırılması, erkən diaqnostikası və fitopreparatların effektivliyinin qiymətləndirilməsi istiqamətində tətbiqi geniş şəkildə araşdırılmışdır. Ənənəvi parazitoloji və kliniki üsullarla yanaşı, maşın öyrənməsi texnologiyalarına əsaslanan modellər – süni neyron şəbəkələri (ANN), dəstək vektor maşınları (SVM), qərar ağacları (Decision Trees) və digər alqoritmlərdən istifadə edilmişdir.

Tədqiqatda məlumatların toplanması, emalı və interpretasiyası mərhələlərində Sİ texnologiyalarının tətbiqi, həmçinin ev su quşlarında helmint faunasının təhlili üçün *in vivo* və *in vitro* eksperimental nəticələrin modelləşdirilməsi həyata keçirilmişdir. Xüsusilə Sosnovski baldırğanı (*Heracleum sosnowskyi*) əsasında hazırlanmış bitki mənşəli preparatların helmintlərə qarşı təsirinin süni intellekt modellərində analizi mühüm yer tutur. Davranış monitorinqi sistemləri, risk zonalarının identifikasiyası və erkən xəbərdarlıq mexanizmləri vasitəsilə infeksiyaların yayılmasının qarşısının alınması üçün effektiv analitik yanaşmalar işlənmişdir. Eyni zamanda, məlumatların real vaxt rejimində işlənməsi və nəticələrin operativ təqdim olunması kənd təsərrüfatında idarəetmə prosesinin optimallaşdırılmasına xidmət edir.

Aparılan araşdırmalar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi helmint infeksiyalarının 80–90% dəqiqliklə proqnozlaşdırılmasına, fitopreparatların optimal dozalarda və məqsədyönlü istifadəsinə, həmçinin təsərrüfat səviyyəsində daha rəasional qərarların qəbuluna əhəmiyyətli dərəcədə töhfə verir. Bundan əlavə, Sİ əsaslı mərkəzləşdirilmiş analitik sistemlərin yaradılması, regional kənd təsərrüfatı siyasətinin formalaşmasında və

xəstəliklərin idarə olunmasında strateji əhəmiyyət kəsb edir. Məqalə, kənd təsərrüfatında biomüxtəlifliyin qorunması və sağlam qida istehsalının təşviqi baxımından süni intellektin mühüm rolunu da ön plana çəkir.

Açar sözlər. Süni intellekt, helmint infeksiyaları, ev su quşları, kənd təsərrüfatı, fitopreparatlar, proqnozlaşdırma.

ARTİCİAL İNTELLİGENCE AND AGRİCULTURE: A NEW ERA IN THE FIGHT AGAINST HELMINTHS IN DOMESTIC WATERFOWL

ABSTRACT

This article provides a comprehensive analysis of the potential application of artificial intelligence (AI) technologies in combating helminth infections in domestic waterfowl. Emphasis is placed on the implementation of new technological approaches aimed at protecting animal health, increasing productivity, and ensuring ecological sustainability in agriculture. The study explores the integration of AI algorithms into veterinary practices, particularly in the forecasting, early diagnosis, and evaluation of the effectiveness of phytopreparations against helminths. In addition to traditional parasitological and clinical methods, machine learning-based models such as artificial neural networks (ANN), support vector machines (SVM), decision trees, and other algorithms have been applied.

*The research involved the collection, processing, and interpretation of data using AI technologies, as well as the modeling of in vivo and in vitro experimental results on the helminth fauna of domestic waterfowl. Special attention was given to the analysis of the antihelminthic efficacy of phytopreparations based on Sosnowski's hogweed (*Heracleum sosnowskyi*) within AI models. The study also included behavior monitoring systems, identification of risk zones, and the development of early warning mechanisms to prevent the spread of infections. Real-time data processing and the prompt delivery of analytical results contribute to the optimization of agricultural management processes.*

Findings indicate that the application of AI technologies enables 80–90% accuracy in predicting helminth infections, supports the targeted and optimal use of phytopreparations, and facilitates more rational decision-making at the farm level. Furthermore, the creation of centralized AI-based analytical systems is of strategic importance for shaping regional agricultural policies and managing parasitic diseases. The article also highlights the essential role of artificial intelligence in preserving agricultural biodiversity and promoting healthy food production.

Keywords. *Artificial intelligence, helminth infections, waterfowl, agriculture, phytotherapy, prediction.*

GİRİŞ.

Ev su quşları, xüsusilə qazlar və ördəklər, kənd təsərrüfatında mühüm iqtisadi və ekoloji rola sahibdirlər. Lakin onların sağlamlığı bir çox faktorlardan asılıdır, bunlardan biri də helmint infeksiyalarının təsiridir. Helmintlər, heyvanlarda müxtəlif xəstəliklərə və məhsuldarlıq itkisinə səbəb olan parazitlərdir. Bu infeksiyalar su quşlarının həm sağlamlığına, həm də məhsuldarlığına mənfi təsir göstərir. Mütəmadi olaraq, bu infeksiyaların qarşısının alınması və müalicəsi üçün ənənəvi baytarlıq üsullarına müraciət edilir. Lakin, bu yanaşmaların bəzən qeyri-effektiv olduğu və ya ekoloji cəhətdən zərərli kimyəvi maddələrdən istifadə edildiyi hallarda, alternativ və daha davamlı üsulların inkişaf etdirilməsinə ehtiyac yaranır.

Hazırkı dövrdə süni intellekt texnologiyalarının ev su quşlarında helmint infeksiyalarına qarşı mübarizədə tətbiqi böyük müzakirələrə səbəb olmuşdur. Ümumiyyətlə süni intellektin kənd təsərrüfatında tətbiqi, xüsusilə heyvan sağlamlığının qorunmasında və bitki mənşəli preparatların təsirinin qiymətləndirilməsində yeni perspektivlər açır. Ənənəvi üsulların məhdudiyyətlərini nəzərə alaraq, süni intellektin dəqiq və sürətli qərar qəbul etmə qabiliyyəti, kənd təsərrüfatında bu cür infeksiyalarla mübarizədə effektivliyi artırmağa imkan verir.

Tədqiqatın məqsədi, süni intellekt texnologiyalarının ev su quşları arasında helmint infeksiyalarını proqnozlaşdırmaq, diaqnoz qoymaq və fitopreparatların effektivliyini qiymətləndirməkdəki rolunu araşdırmaqdır. 2014-2018 – ci illərdə tərəfimizdən aparılan elmi tədqiqat işi zamanı istifadə olunan fitopreparatlardan baldırğanının helmintlərə qarşı təsirinin daha effektiv olduğu isbat edilmişdir. Tədqiqat işini daha geniş şəkildə davam etmək üçün, süni intellekt alqoritmlərinin bu prosesdəki potensialını nümayiş etdirmək məqsəd qoyulmuşdur.

Material və metodlar. Süni intellektin tətbiqi ilə, havanın temperaturu, rütubət və digər ekoloji amillər təhlil edilərək helmintlərin yayılma dövrü proqnozlaşdırılır. Bu məlumatlar əsasında profilaktik tədbirlər həyata keçirilir. Parazitlərin inkişafı üçün əlverişli şərait yaranan dövrlərdə erkən müdaxilə imkanları müəyyən edilir. Süni intellekt alqoritmləri, mütəxəssislərə əkin sahələrində və su quşlarının yaşadığı ərazilərdə infeksiyaların yayılma ehtimalını bildirir. Həmçinin, süni intellekt, müalicə və pestisid istifadəsini optimallaşdırır. Su quşlarının sağlamlıq vəziyyətinə uyğun

olaraq, dərmanların və pestisidlərin tətbiqi tənzimlənir, bu da zərərvericilərə qarşı mübarizəni daha effektiv və ətraf mühitə zərərsiz edir.

Süni intellekt, parazitlərin növlərinin tanınmasında və onların həyat dövrlərinin izlənməsində istifadə olunur. Mikroskop görüntüləri və digər məlumatlar təhlil edilərək, parazitlərin mövcudluğu sürətlə müəyyən edilir. Eyni zamanda, Süni intellekt alqoritmləri parazitlərin həyat dövrünü izləyərək, müvafiq müalicə üsullarını təklif edir və yeni dərmanların inkişafına dəstək verir. Bu yanaşma erkən diaqnoz qoyulmasına və vaxtında müdaxilə imkanlarını artırmağa kömək edir.

Maşın öyrənmə alqoritmləri, müxtəlif dərmanların və müalicə üsullarının effektivliyini test edərək, daha səmərəli və təhlükəsiz müalicə metodlarının tapılmasına kömək edir. Bu texnologiya, kənd təsərrüfatı mütəxəssislərinə güclü dərmanlar və müalicə üsulları seçməkdə kömək etməklə yanaşı, ekoloji cəhətdən təmiz və heyvanlara zərər verməyən müalicə üsullarının inkişafına təkan verir.

Tədqiqat çərçivəsində ev şəraitində saxlanılan su quşlarında helmint infeksiyalarının erkən mərhələdə aşkarlanması, düzgün qiymətləndirilməsi və effektiv müalicə strategiyalarının hazırlanması məqsədilə süni intellekt texnologiyalarından istifadə edilməsi planlaşdırılır. Bu istiqamətdə mərhələli tədqiqat yanaşmasının tətbiqi nəzərdə tutulur.

Bunun üçün ilk mərhələdə kənd təsərrüfatı şəraitində saxlanılan müxtəlif yaş və cins göstəricilərinə malik su quşlarının davranış göstəriciləri, yem qəbulu, fiziki aktivliyi, bədən çəkisindəki dəyişikliklər və görünən klinik simptomlar müşahidə olunmalıdır. Bu müşahidələrin avtomatlaşdırılması məqsədi ilə video-analiz sistemləri və IoT əsaslı sensor cihazlarının (məsələn, bədən hərarəti və hərəkət aktivliyi üçün taxılan mikro-sensorlar) tətbiqinin planlaşdırılması daha məqsədə uyğundur.

Toplanan məlumatların süni intellekt əsaslı analiz platformalarına ötürülməli və ilkin təsnifat üçün scikit-learn, TensorFlow və PyTorch kimi maşın öyrənməsi kitabxanaları əsasında işləyən modellərdən istifadə olunması nəzərdə tutulur. Helmint infeksiyasına dair proqnozların verilməsi və yoluxma ehtimalının qiymətləndirilməsi üçün Decision Tree, Random Forest, Support Vector Machine (SVM) və Convolutional Neural Networks (CNN) kimi alqoritmlərin tətbiqi araşdırılmalıdır.

In vivo mərhələdə canlı heyvanlar üzərində təbii yoluxma ehtimalının analizinə və helmint infeksiyalarına qarşı bitki mənşəli preparatların tətbiq ssenarilərinin modelləşdirilməsinə yönəlik müşahidələrin toplanması planlaşdırılır. Burada süni

intellekt alqoritmləri vasitəsilə müalicəyə cavab reaksiyalarının qiymətləndirilməsi və optimal dozaj-müddət balansının proqnozlaşdırılması mümkündür.

In vitro mərhələdə isə laborator şəraitində helmintlərin bioloji aktivliyi və həyat dövrü mərhələləri üzərində təhlillərin aparılması, mikroskopik və morfometrik məlumatların rəqəmsallaşdırılması, eləcə də həmin görüntülərin AI-assisted image recognition tools vasitəsilə avtomatik analiz olunması nəzərdə tutulur. Bu məqsədlə OpenCV, YOLOv5, ImageAI kimi görüntü tanıma platformalarından istifadə edilə bilər.

Süni intellektin tətbiqi təkcə diaqnostika deyil, həm də profilaktik və müalicəvi yanaşmaların planlaşdırılması üçün imkanlar açır. Məlumatların vizual təqdimatı və qərarların dəstəklənməsi üçün Power BI, Tableau və Google Data Studio kimi platformalardan istifadə edilməsi düşünülür.

Ümumiyyətlə, tədqiqatın əsas məqsədi süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi ilə kənd təsərrüfatı şəraitində helmint infeksiyalarının daha operativ, az resursla və yüksək dəqiqliklə aşkarlanması və nəzarətdə saxlanılmasına elmi və texnoloji əsaslar formalaşdırmaqdır. Gələcək mərhələlərdə əldə olunacaq nəticələrin təhlili əsasında praktik tətbiq imkanları və tövsiyələrin hazırlanması da planlaşdırılır.

Nəticə. Tədqiqat zamanı toplanmış ilkin məlumatlar süni intellekt alqoritmlərinin ev su quşlarında helmint infeksiyalarının erkən mərhələdə aşkarlanması üçün effektiv alət olduğunu göstərir. Əldə olunan müşahidələrə əsasən, yoluxmuş quşlarda davranış və fiziki göstəricilərdə (az yem qəbulu, aktivliyin azalması, bədən çəkisinin düşməsi və s.) müəyyən dəyişikliklər müşahidə olunur.

Bu məlumatlar scikit-learn, TensorFlow, Keras kimi açıq mənbə kitabxanalar vasitəsilə təhlil edilir. Random Forest, Support Vector Machine (SVM) və Logistic Regression modelləri arasında müqayisə aparıldıqda, Random Forest modeli daha yüksək dəqiqliklə infeksiyalı nümunələri təsnif edir. SVM və Logistic Regression modelləri isə daha az məlumatla belə sabit nəticələr verir. Məlumatlar cədvəl, şəkil və mətn formasında modelə ötürülür. Cədvəlləri tərtib etdikdən sonra CSV faylı kimi saxlanılır. Süni intellekt əsaslı təsnifat modeli 92%-ə qədər dəqiqliklə helmint infeksiyası riski daşıyan fərdləri müəyyən edə bilir. Vizual məlumatların (məsələn, mikroskopik görüntülərin) təhlili zamanı YOLOv5 və ImageAI alətləri vasitəsilə helmint yumurtalarının avtomatik tanınması və sayılması prosesi yüksək səviyyədə həyata keçirilir. Bu isə tədqiqatçıya əlavə laborator resurslar sərf etmədən diaqnoz qoymağa imkan verir.

Bitki mənşəli preparatların effektivliyini qiymətləndirmək məqsədilə hazırlanan in vivo modeldə süni intellekt alqoritmləri heyvanın fiziki göstəricilərindəki dəyişikliklərə əsasən optimal doza və müalicə müddətini proqnozlaşdırmaqda istifadə edilir. In vitro mərhələdə isə preparatların helmintlərə təsirini qiymətləndirən mikroskopik görüntülər avtomatik şəkildə analiz olunur.

Nəticələr göstərir ki, süni intellekt tək-cə diaqnostikada deyil, eyni zamanda müalicənin planlaşdırılmasında, nəticələrin proqnozlaşdırılmasında və ümumi profilaktik yanaşmaların inkişaf etdirilməsində də mühüm rol oynaya bilər.

Süni intellektin bu sahədə istifadəsi kənd təsərrüfatı heyvanlarının sağlamlığının qorunmasına yönəlmiş innovativ və effektiv yanaşma kimi çıxış edir. Ən əsası isə, az maliyyə resursları ilə yüksək keyfiyyətli və sürətli nəticələr əldə etmək mümkündür ki, bu da kiçik fermer təsərrüfatları üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Araşdırma nəticəsində məlum oldu ki, süni intellekt texnologiyalarının kənd təsərrüfatı heyvanlarında, xüsusilə ev su quşlarında helmint infeksiyalarına qarşı tətbiqi bir çox üstünlüklərə malikdir. Süni intellekt vasitəsilə diaqnostika və müalicə strategiyalarının təkmilləşdirilməsi, xəstəliklərin qarşısının alınması, məhsuldarlığın artırılması və heyvan rifahının qorunması baxımından strateji əhəmiyyət daşıyır.

Gələcəkdə daha genişmiqyaslı və beynəlxalq tədqiqatların aparılması ilə bu sahədə vahid model sistemlərinin yaradılması və süni intellektin daha geniş tətbiq sahələrinin açılması mümkündür.

ƏDƏBİYYAT

1. Abdullayeva, S. R., & Quliyev, E. T. (2020). Azərbaycan təsərrüfatlarında helmintlərin yayılması və mübarizə tədbirləri. Baytarlıq Elmi Jurnalı, (3), 45–50.
2. Aliyev, H. M., & Məmmədova, T. N. (2019). Ev quşlarında parazitər xəstəliklərin yayılma səviyyəsi. Azərbaycan Kənd Təsərrüfatı Jurnalı, (2), 30–35.
3. Chaudhary, R., & Sahu, P. (2022). Role of artificial intelligence in veterinary parasitology. Journal of Veterinary Science and Technology, 13(1), 12–19. <https://doi.org/10.4172/2157-7579.1000651>
4. Hussain, A., Usman, M., & Ali, Z. (2021). Application of AI in diagnosing parasitic infections in livestock. Computational Agriculture, 6(4), 200–210.
5. Kərimov, R. H. (2021). Bitki mənşəli preparatların parazitər xəstəliklərə təsiri. Təbiət Elmləri və Tətbiqi Tədqiqatlar, (1), 88–94.

6. Məmmədov, F. R., & Qasımova, L. Ş. (2018). Süni intellektin kənd təsərrüfatında istifadəsi: imkanlar və çətinliklər. *İnnovasiya və Texnologiyalar Jurnalı*, 4(2), 22–28.
7. Naziri, T. S., & Abbasova, A. Y. (2020). Helminth infeksiyalarına qarşı bitki mənşəli vasitələrin bioloji effektivliyi. *Azərbaycan Biotexnologiya Jurnalı*, (3), 59–65.
8. Rzayev F.A. (2023). Ultrastructural features of the helminth *Heterakis Dispar* Schranc, 1790 (Nematoda Heterakidae). *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 54(3), 503-514. <https://doi.org/10.21608/ejvs.2023.190689.1437>
9. Seyidbəyli M.İ. (2019). Naxçıvan MR -inrayonları üzrə ev su quşlarının helmintlərlə yoluxma dinamikası. *ADAU-nun Elmi Əsərləri*, (2), 63-65.
10. Zhao, L., & Wang, Q. (2020). AI-based recognition of helminths in avian species using deep learning. *Poultry Science Advances*, 4(3), 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.psa.2020.03.002>

İNFORMATİKA MÜƏLLİMLƏRİNİN RƏQƏMSAL STRATEGİYALARI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17517446>

Sadixova Minayə İntiqam qızı

sadixova.minaya@mail.ru

BSU

Azərbaycan, Bakı

XÜLASƏ

Müasir təhsil mühitində texnologiyanın sürətli inkişafı müəllimlərin tədris metodlarını və yanaşmalarını rəqəmsal alətlərlə dəstəkləməsi ehtiyacını artırmışdır. Bu səbəbdən, informatika müəllimləri yalnız ənənəvi tədris üsullarını deyil, həm də müasir rəqəmsal alətləri və texnologiyaları öz dərslərində istifadə edərək şagirdlərin öyrənmə prosesini daha effektiv və motivasiyalı etməkdə əhəmiyyətli rol oynayırlar. Məqalədə bu rəqəmsal strategiyaların tətbiqi ilə bağlı müxtəlif yanaşmalar, o cümlədən dərs planlarında innovativ texnoloji həllərin tətbiqi, şagirdlərin fərdi öyrənmə ehtiyaclarına uyğun tədris materiallarının hazırlanması və rəqəmsal alətlərin istifadə edilməsi kimi məsələlər müzakirə olunur. Lakin, bu sahədə bəzi mühüm çətinliklər də mövcuddur. Məqalədə texnoloji infrastrukturun məktəblər arasında qeyri-bərabər inkişaf etməsi əsas problem kimi vurğulanır. Bəzi məktəblərdə yüksək keyfiyyətli texnoloji avadanlıqlar və sürətli internet bağlantısı olsa da, digər məktəblərdə bu imkanlar məhduddur. Bu bərabərsizlik, şagirdlərin və müəllimlərin tədris prosesinə qatılmasında böyük fərqlər yaradır. Həmçinin, müəllimlərin texnologiya ilə bağlı bacarıqları da müxtəlif səviyyələrdədir. Bəzi müəllimlər yeni texnologiyalara adaptasiya olunsa da, digərləri hələ də ənənəvi tədris metodlarına üstünlük verirlər. Beləliklə, müəllimlərin texnoloji bacarıqlarının inkişaf etdirilməsi və bu sahədə bərabər səviyyədə təhsil almaları vacibdir. Bununla yanaşı, rəqəmsal strategiyalara dair metodik vəsaitlərin çatışmazlığı da mühüm bir məsələdir. Müəllimlər rəqəmsal tədris metodlarına dair yetərli resurslara malik deyillər və bu onların tədris prosesində çətinliklərlə üzləşməsinə səbəb olur. Rəqəmsal strategiyaların doğru şəkildə tətbiqi ilə şagirdlərin rəqəmsal alətlər vasitəsilə daha yüksək səviyyədə öyrənmə təcrübəsi qazanmaları təmin ediləcəkdir. Bu səbəbdən, təhsil sahəsindəki rəqəmsal transformasiyaların uğurla həyata keçirilməsi üçün müəllimlərin təhsil texnologiyalarına uyğun bacarıqları inkişaf etdirməsi, bu sahədə innovasiyaları tətbiq etməsi və rəqəmsal resurslardan daha səmərəli istifadə etmələri zəruridir.

Açar sözlər: *Rəqəmsal strategiyalar, təhsil texnologiyaları, müəllimlərin peşəkar inkişafı, rəqəmsal savad, texnoloji infrastruktur*

21-ci əsr bəşəriyyətin həyatında dərin və sürətli dəyişikliklərlə yadda qalır. Bu dövr, texnologiyaların intensiv inkişafı, süni intellektin, bulud texnologiyalarının və digər innovativ alətlərin geniş tətbiqi ilə informasiya cəmiyyətinin formalaşmasına səbəb olmuşdur. Belə bir şəraitdə təhsil sistemi də bu dəyişikliklərdən kənarda qalmamış və rəqəmsallaşma onun əsas transformasiya istiqamətlərindən birinə çevrilmişdir. Tədris proseslərinin rəqəmsal texnologiyalar vasitəsilə daha əlçatan, çevik və interaktiv hala gətirilməsi, təhsil sistemində yeni yanaşmaların formalaşmasına zəmin yaratmışdır. Bu kontekstdə informatika müəllimləri xüsusi əhəmiyyət kəsb edən bir qrupu təşkil edir. Onlar

sadəcə texnologiya üzrə bilik verən mütəxəssislər deyil, eyni zamanda rəqəmsal savadlılığı təşviq edən, təhsilin müxtəlif sahələrində texnologiyanın məqsədyönlü və effektiv tətbiqini həyata keçirən pedaqoqlardır. Müasir dövrdə informatika müəllimləri yalnız proqramlaşdırma və kompüter bilikləri deyil, həm də şagirdlərdə yaradıcı və tənqidi düşünmə, texnoloji problem həll etmə bacarıqlarını formalaşdırmağa yönəlmiş təlim fəaliyyətləri ilə çıxış edirlər.

Bununla yanaşı, rəqəmsal strategiyaların hazırlanması və tətbiqi informatika müəllimləri üçün pedaqoji fəaliyyətin ayrılmaz və zəruri komponentinə çevrilmişdir. Bu strategiyalar yalnız texniki vasitələrin istifadəsi ilə məhdudlaşmır, eyni zamanda şagirdlərin öyrənmə ehtiyaclarına uyğunlaşdırılmış fərdiləşdirilmiş tədris metodlarını, innovativ qiymətləndirmə üsullarını, eləcə də əməkdaşlıq və problem əsaslı öyrənmə modellərini əhatə edir. Beləliklə, informatika müəllimləri təhsilin rəqəmsal mühitə uğurla inteqrasiya olunmasında həlledici rol oynayır və 21-ci əsrin tələblərinə cavab verən, texnologiya ilə zənginləşdirilmiş bir təhsil sisteminin qurulmasında əsas aparıcı qüvvələrdən biri kimi çıxış edirlər (Yıldırım, s.63-77).

Rəqəmsal strategiyalar informatika müəllimlərinin peşəkar fəaliyyətinin əsas istiqamətlərini, müxtəlif sahələrdə inkişafını təşviq edən və təhsil prosesində müasir texnologiyaların tətbiqini dəstəkləyən vacib bir elementdir. Bu strategiyalar təhsilin müasir tələblərinə uyğun şəkildə planlaşdırılmalı və tədris prosesinə inteqrasiya olunmalıdır:

1. Texnologiyaların tədrisə inteqrasiyası. İnformatika müəllimləri dərslərində müasir proqram təminatlarını, internet resurslarını, interaktiv lövhələr, proyektorlar və digər texnoloji vasitələri istifadə edərək şagirdlərin marağını artırır.

2. Əməkdaşlıq və komanda işinin təşviqi. Müəllimlər və şagirdlər arasında texnoloji alətlərdən istifadə edərək əməkdaşlıq mühitinin yaradılması, məsələn, onlayn forumlar, bulud texnologiyaları və e-öyrənmə platformalarından faydalanmaq daxildir.

3. Verilənlərin analizi və qiymətləndirmə. Rəqəmsal alətlərdən istifadə edərək şagirdlərin inkişafını izləmək, akademik nəticələrini analiz etmək və dərs prosesini buna əsasən tənzimləmək aiddir. Məsələn, onlayn qiymətləndirmə alətləri və proqramlar vasitəsilə şagirdlərə öz müvəffəqiyyətlərini izləmə imkanı yaradılır.

4. Distant təhsil və onlayn kurslar: Rəqəmsal strategiyalar informatika müəllimlərinə distant təhsil modellərini tətbiq etmək və onlayn kurslar vasitəsilə şagirdlərə dərs materiallarını təqdim etmək imkanını verir. Bu, xüsusilə pandemiya dövründə daha geniş yayılmışdır.

5. İnformasiya təhlükəsizliyi və etikası: İnformatika müəllimləri şagirdlərə internet təhlükəsizliyi, şəxsi məlumatların qorunması və rəqəmsal etik davranışlar barədə təlimat verirlər. Bu istiqamət həmçinin müəllimlərin özləri üçün də informasiya təhlükəsizliyi təlimlərinin keçirilməsini əhatə edir.

6. Kreativ və təsirli müəllimlik yanaşmaları: Texnoloji vasitələrdən istifadə edərək müəllimlər şagirdlərdə yaradıcılığı, tənqidi düşüncə və problem həll etmə bacarıqlarını inkişaf etdirirlər. Məsələn, proqramlaşdırma, 3D modelləşdirmə, və ya digər yaradıcı texnoloji layihələr vasitəsilə mümkündür.

7. Peşəkar inkişaf və təlim: Müəllimlərin davamlı peşəkar inkişafı üçün onlayn seminarlar, vebinarlar və digər təlim imkanları yaratmaq, həmçinin yeni rəqəmsal vasitələrdən istifadə etməyi öyrənmək daxildir (Yıldırım, s.63-77).

Bu istiqamətlər informatika müəllimlərinin peşəkar fəaliyyətini müasirləşdirir və onların şagirdlərə müasir texnologiyalarla təhsil vermələrinə şərait yaradır. Rəqəmsal

strategiyaların informatikanın tədrisində və ümumilikdə təhsil prosesində tətbiqi ilə bağlı bir sıra çətinliklər mövcuddur. Aşağıda qeyd olunan məsələlər, bu çətinlikləri və onların həlli yollarını daha ətraflı şəkildə izah edir:

1. Texnoloji infrastrukturun bütün məktəblərdə eyni səviyyədə olmaması. Bəzi məktəblərdə texnoloji avadanlıqların və internet infrastrukturunun qeyri-kafiliyi, dərslərin effektivliyini azaldır. Məktəblər arasında bu cür qeyri-bərabərlik təhsil keyfiyyətinə mənfi təsir göstərə bilər. Dövlət və təhsil idarəetmə orqanları məktəblərə bərabər şərtlər yaratmaq məqsədilə texnoloji infraqurktura yatırımlar etməli, məktəblərin tələblərinə uyğun avadanlıqları təmin etməlidir. İnternetə çıxışı zəif olan məktəblər üçün bulud əsaslı resurslar və platformalar təklif etmək faydalıdır. Bu, avadanlıqdan asılı olmayan və məlumatın mərkəzi serverlərdən əldə edildiyi bir modeldir. Mobil tətbiqetmələr və mobil internet vasitəsilə şagirdlərə və müəllimlərə rəqəmsal resurslar təqdim edilməsi daxildir.

2. Müəllimlərin texnologiyadan istifadə bacarıqlarının fərqli səviyyələrdə olması. Müəllimlərin texnoloji bacarıqlarının müxtəlif səviyyələrdə olması dərslərin effektivliyinə təsir edə bilər. Bəzi müəllimlər texnologiyayı effektiv şəkildə istifadə edərkən, digərləri hələ də ənənəvi tədris metodlarına üstünlük verir. Müəllimlər üçün mütəmadi olaraq texnologiyadan istifadə təlimləri və vebinarlar təşkil etmək faydalıdır. Bu müəllimlərin rəqəmsal bacarıqlarını inkişaf etdirməyə və texnologiyayı dərslərində daha yaxşı tətbiq etməyə kömək edəcəkdir. Təcrübəli müəllimlərin yeni başlayanlarla təcrübə paylaşması və mentorluq etməsi, texnologiyanın istifadəsini öyrənməkdə köməkçi ola bilər. Müəllimlərin texnoloji bilik səviyyələrinə uyğun fərdi təlim planları tərtib etmək, hər bir müəllimin ehtiyaclarına uyğun dəstək göstərmək və s. daxildir.

3. Rəqəmsal strategiyalara dair metodik vəsaitlərin çatışmazlığı. Rəqəmsal strategiyaların tətbiqinə dair yetərli metodik vəsaitlərin olmaması müəllimlərin rəqəmsal təhsil alətlərini effektiv şəkildə tətbiq etməsini çətinləşdirir. Müəllimlər yeni texnologiyalar və metodlar haqqında məlumat əldə etməkdə çətinlik çəkə bilərlər. Təhsil müəssisələri rəqəmsal strategiyaların tətbiqinə dair müasir metodik vəsaitlər və təlimatlar hazırlamalıdır. Bu vəsaitlər müəllimlərə texnologiyanın tədrisə tətbiqi ilə bağlı konkret nümunələr və təcrübələr təqdim etməlidir. Müəllimlər üçün onlayn platformalar və interaktiv dərslər materialları şagirdlərə müxtəlif rəqəmsal alətlərlə dərslər keçmələri üçün rahat bir mühit yaradar. Təcrübəli müəllimlər və təhsil müəssisələri tərəfindən yaradılan rəqəmsal dərslər materiallarının müəllimlər arasında paylaşılması onların bu materiallardan istifadəsini artıracaqdır (Peterson, s.125).

Bu çətinliklərin aradan qaldırılması üçün təhsil siyasətinin və texnoloji infrastrukturun inkişafı vacibdir. Müəllimlərə göstərilən dəstək və davamlı peşəkar inkişaf proqramları onların təhsil sahəsində daha səmərəli və innovativ işlər görməsinə imkan verəcəkdir. Müasir təhsil sistemində informatika müəllimləri rəqəmsal dəyişim və innovasiyaların aparıcısı rolunda çıxış edir. Onların tətbiq etdikləri rəqəmsal strategiyalar şagirdlərin texnoloji savadlılığının artmasına, yaradıcı bacarıqlarının formalaşmasına və öyrənmə mühitinin müsbət istiqamətdə dəyişməsinə şərait yaradır. Bu baxımdan rəqəmsal strategiyaların davamlı olaraq yenilənməsi, təkmilləşdirilməsi və praktik əhəmiyyətli vəzifə olaraq qalır.

ƏDƏBİYYAT

1. Bakar, S., & Cömert, M. (2020). Eğitimde dijital stratejiler ve öğretmenlerin dijital yeterlilikleri. *Eğitim ve Teknoloji Dergisi*, 4(2), 45-58.
2. Gül, H. (2019). Teknolojik altyapı ve eğitimde dijital dönüşüm: Zorluklar ve fırsatlar. *Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 32(1), 12-24.
3. Peterson, J., & Miller, R. (2018). Teachers and technology: Integrating digital tools into the classroom. *Journal of Educational Technology*, 22(4), 112-125.
4. Sweller, J. (2011). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychology Review*, 23(3), 267-278.
5. Sutherland, R., & Finkelstein, D. (2016). The role of digital literacy in modern education. *International Journal of Digital Education*, 8(2), 134-148.
6. Yıldırım, Z. (2019). Dijital stratejiler ve öğretmenlerin dijital okuryazarlık düzeyleri üzerine bir inceleme. *Eğitim Teknolojileri ve Dijital Dönüşüm*, 10(1), 63-77
7. <https://drexel.edu/soe/resources/student-teaching/advice/how-to-use-technology-in-the-classroom/>
8. https://www.researchgate.net/publication/363302054_Digital_technologies_integration_in_the_classroom_A_teacher%27s_perspective

SUMMARY

The rapid development of technology in the modern educational environment has increased the need for teachers to support their teaching methods and approaches with digital tools. Therefore, computer science teachers play an important role in making the learning process of students more effective and motivated by using not only traditional teaching methods, but also modern digital tools and technologies in their lessons. The article discusses various approaches to the implementation of these digital strategies, including the introduction of innovative technological solutions in lesson plans, the development of teaching materials tailored to the individual learning needs of students, and the use of digital tools. However, there are also some significant challenges in this area. The article highlights the uneven development of technological infrastructure among schools as a major problem. While some schools have high-quality technological equipment and fast internet connections, others have limited such opportunities. This inequality creates large differences in the participation of students and teachers in the educational process. Also, teachers' skills in technology are at different levels. While some teachers have adapted to new technologies,

others still prefer traditional teaching methods. Thus, it is important for teachers to develop their technological skills and receive equal education in this area. In addition, the lack of methodological tools for digital strategies is also an important issue. Teachers do not have sufficient resources for digital teaching methods, which causes them to face difficulties in the teaching process. With the correct application of digital strategies, students will gain a higher level of learning experience through digital tools. Therefore, in order to successfully implement digital transformations in the field of education, it is necessary for teachers to develop skills appropriate to educational technologies, apply innovations in this field, and use digital resources more effectively.

Keywords: Digital strategies, educational technologies, teacher professional development, digital literacy, technological infrastructure

РЕЗЮМЕ

Быстрое развитие технологий в современной образовательной среде увеличило потребность учителей в поддержке своих методов и подходов обучения цифровыми инструментами. Поэтому учителя информатики играют важную роль в повышении эффективности и мотивации процесса обучения учащихся, используя на своих уроках не только традиционные методы обучения, но и современные цифровые инструменты и технологии. В статье рассматриваются различные подходы к реализации этих цифровых стратегий, включая внедрение инновационных технологических решений в планы уроков, разработку учебных материалов, адаптированных к индивидуальным учебным потребностям учащихся, и использование цифровых инструментов. Однако в этой области также существуют некоторые существенные проблемы. В статье подчеркивается неравномерное развитие технологической инфраструктуры среди школ как основная проблема. В то время как некоторые школы имеют высококачественное технологическое оборудование и быстрое подключение к Интернету, другие ограничивают такие возможности. Это неравенство создает большие различия в участии учащихся и учителей в образовательном процессе. Кроме того, навыки учителей в области технологий находятся на разных уровнях. В то время как некоторые учителя адаптировались к новым технологиям, другие по-прежнему предпочитают традиционные методы обучения. Таким образом, учителям важно развивать свои технологические навыки и получать равное образование в этой области. Кроме того, важной проблемой является отсутствие методических инструментов для цифровых стратегий. Учителя не имеют достаточных ресурсов для цифровых методов обучения, что заставляет их сталкиваться с трудностями в процессе обучения. При правильном применении цифровых стратегий учащиеся получают более высокий уровень опыта обучения с помощью цифровых инструментов. Поэтому для успешного внедрения цифровых преобразований в сфере образования необходимо, чтобы учителя развивали навыки, соответствующие образовательным технологиям, применяли инновации в этой области и более эффективно использовали цифровые ресурсы.

Ключевые слова: Цифровые стратегии, образовательные технологии, профессиональное развитие учителей, цифровая грамотность, технологическая инфраструктура

ÜZVİ SİNTEZDƏ SÜNİ INTELLEKT

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537380>

Hüseynova Pəri Asif qızı

perihuseynova@ndu.edu.az

Naxçıvan Dövlət Universiteti, doktorant

XÜLASƏ

Üzvi sintez kimyanın bir neçə sahəsinə, o cümlədən, yeni dərman maddələrinin kəşfi, kimyəvi biologiya, materialşünaslıq və mühəndisliyə güclü təsir göstərir. Bununla belə, mürəkkəb kimyəvi sintezlərin icrası kimyaçıdan özlüyündə mükəmməl ekspert bilikləri tələb edir, hansı ki, bu, adətən uzun illər təhsil və praktiki laboratoriya təcrübəsi ilə əldə edilir. Bu məhdudiyyəti aradan qaldırmaq, kimyəvi sintezi asanlaşdırmaq və avtomatlaşdırmaq üçün hal-hazırda süni intellektə əsaslanan bir çox proqram alətlərindən istifadə edilir. Üzvi sintezdə hazırda ən vacib məsələlərdən biri retrosintetik proseslərdə proqnozlaşdırmanın daha sürətli aparılması zəruriyyətidir ki, məhz bu məqalədə süni intellektin sintetik kimyanın müxtəlif tədqiqat sahələrinə, o cümlədən, bu vacib istiqamətə son təsirləri geniş müzakirə edilmişdir. İcmal üzvi kimyaçıların süni intellektə rəqib kimi yanaşmaq əvəzinə onu bir vasitə kimi qəbul edə bilmələrinə, bilik boşluqlarını dəqiqləşdirməklə gələcək tədqiqatlara təkan vermələrinə dəstək məqsədi daşıyır.

Açar sözlər: *üzvi sintez, süni intellekt, kimya, reaksiya, proqram, avtomatlaşdırma*

Son dövrlərdə, demək olar ki, elm-texnikanın bütün sahələrində süni intellekt mühüm yer tutur. Onun köməyi ilə insanın iştirak və müdaxiləsi olmadan müxtəlif proseslər həyata keçirilir. Nəzəri hissədən daha çox praktiki tərəfi güclü olan kimya elminin yeni tədqiqat sahələrinin inkişafı yüksək səviyyədə sürətlilik, təkrarlanabilənlik və geniş intervalda maddələr bazası tələb edir. Xüsusilə yeni maddələrin, dərmanların sintezində reagentlərin dəfələrlə dəyişdirilməsi zəruriyyəti meydana çıxır ki, bu da əlavə vaxt və xeyli miqdarda xərc deməkdir. Ona görə də kimyəvi sintezi laboratoriyada aparılan ənənəvi reaksiya və təcrübələrlə yanaşı süni intellektə əsaslanan proqramlar vasitəsilə də həyata keçirmək məşhur tədqiqatçıların diqqət mərkəzindədir. Bu proqramlar reaksiyanın mexanizmini, prosesin sonun da alınacaq məhsulları proqnozlaşdırmaqla yanaşı hədəflənmiş birləşmələri hansı reagentlərlə almağın mümkünlüyünü də təxmin edə bilir və bundan sonra kimyaçı səmərəlilik baxımından öz məqsədinə ən uyğun olan versiyaları seçərək ənənəvi laboratoriyada onları sınaqdan keçirir. Süni intellektin kimyaya tətbiqi hal-hazırda yüzlərlə əhəmiyyətli kimyəvi prosesləri yüksək sürətliliklə həyata keçirməyə imkan verərək tədqiqatçılar üçün yeni üfüqlər açır. (Qrison, 2019, s. 65-72)

LHASA- ilk hesablamalı üzvi sintez sisteminin tətbiqindən etibarən tədqiqatçılar avtomatlaşdırılmış sistemin dərman, polimer, zülal, ferment və s. kimi yeni materialların alınması üçün ən asan, sürətli, iqtisadi cəhətdən əlverişli yollar təqdim etdiyi qənaətinə gəlmişlər. Kolumbiya Universitetinin professoru Venkatasubramanyanın fikrincə, yeni materiallar və kimya mühəndisliyində süni intellektin inkişafı 1980-ci illərdə ekspert sistemlərinin yaranmasından başlayıb 21-ci əsrin əvvəllərində geniş vüsət alan ənənəvi neyro-şəbəkələrə qədər davam edən uzun tarixə malikdir. Son illərdə isə güclü və o qədər də bahalı olmayan kompüter sistemlərinə, yüksək səviyyəli yaddaş və email texnologiyalarına malik proqram mühitlərinə və öncələr mövcud olmayan saysız-hesabsız verilənlər bazalarına əlçatanlığın mümkünlüyü qabaqcıl maşın öyrənmə üsullarının elm dünyasına sıçrayışına səbəb oldu. Yalnız bundan sonra kimyəvi məhsulların dizaynında yüksək məhsuldarlığa nail olmaq üçün, həm də molekulların virtual ekranlaşdırılması, retrosintetik analiz, optimallaşdırılmış reaksiya istiqamətləri və yeni sintez reaksiyalarının kəşfi üçün süni intellektdən istifadə olunmağa başlandı. (Venkatasubramanyan, 2022, s. 128-144)

Çinli alimlər reaksiya məhsulunun dizaynındakı problemləri bir neçə mərhələyə ayıraraq təhlil edərək həll yolları axtarmışlar. Belə ki, əsas problemlərə məqsədli məhsulların xoşagəlməz xüsusiyyətlərinin müəyyən edilməsi, sintez və dizayn çatışmazlıqlarının riyazi model ilə ifadəsi, reagent və məhsul əlaqələrinin yaradılması, prototipləşdirmə və iqtisadi proseslərə əsaslanan aşağı axın analizləri aid edilir. (Gani, 2020, s. 22-34)

2016-cı ildə polşalı üzvi kimyaçı Sara Szumkiç Chematica ekspert sistemini hazırlayaraq təqdim etdi, hansı ki, bu proqram sintez reaksiyalarının gedişatını planlaya bilirdi. Chematica geniş ekspert kodlu kimya qaydaları və evristikaya əsaslanan axtarış alqoritmləri ilə təchiz olunaraq prosesin ən çox ehtimal edilən istiqamətinin- məşrutunun hesablanan funksiyalarını, sintez olunabilən ölçüləri, reaksiya şəraitini (həlledici, katalizator və s. kimi), o cümlədən də, yeni reaksiya mexanizm proqnozlarını əlaqələndirirdi. Sözügedən proqram malik olduğu bu üstünlüklərə görə hələ də öz aktuallığı qorumaqdadır. (Szumkiç, 2016, s. 55-59) Bununla yanaşı maşın öyrənmə modelini daha yaxşı başa düşmək üçün Kammer tərəfindən aparılan sistemli araşdırmanın nəticələrinə görə, radikal reaksiyalar üçün reaksiyanın aktivləşmə enerjisi ilə onun entalpiyası arasında sadə əlaqəyə (Evans-Polanyi prinsipinə) əsaslanan model də reaksiya məhsullarını proqnozlaşdırma bilər. (Kammer, 2020, s. 1290-1301)

Üzvi sintezə geniş töhfələr verən üsullar qrupundan biri də sırf verilən datalara əsaslanan metodlardır. Sırf məlumatlara əsaslanan metodlar ümumiyyətlə açıq kimya biliklərini- qayda və mexanizmləri özündə birləşdirən geniş verilənlər bazasına ehtiyac duymadan yalnız müvafiq məlumatlar məlum olduqda belə uğurla işləyə bilər. Lakin zəruri məlumatlara əlçatanlıq məhduddursa, aşağı dəqiqlikdə və kimyəvi cəhətdən etibarsız nəticə

alına bilər. Bu metodlar qrupuna dərin neyron şəbəkələri, ardıcillıq modelləri, qrafik neyron şəbəkələri və həssas-küçlü nümunə üsulları aiddir. (Venkatasubramanyan, 2019, s.466-478)

Dərin neyron şəbəkəsi üsulunda proqram tərəfindən reaksiya proqnozunun modelləşdirilməsi məqsədilə müsbət və mənfi cəhətləri tapmaq üçün reaksiya nümunəsi hissə-hissə emal edilərək, məsələn, itirilmiş və qəbul edilmiş hidrogen atomları, qırılan və yeni yaranan rabitələr şəbəkəyə yeni giriş veriləni kimi ötürülür və ən çox ehtimal olunan məhsullar üçün daha yüksək çıxış parametrləri qeyd edilir. Digər bir metod isə ardıcılıqdan ardıcılığa üsuldur ki, bu texnikanın əsas məğzi reaksiyanın proqnozlaşdırılan modelinin reagentlər və katalizatorlarla bağlı problemlərin ardıcıl sistemləşdirilməsi ilə, həm də giriş qiymətləri və məqsədli məhsulların parametr ardıcılıqları ilə müqayisə edilməsi ilə qurulmasına əsaslanır. Qrafik neyron şəbəkəsi metodunda isə proqram tərəfindən retrosintetik prosesin məqsədli məhsulunun valentliyə əsasən aktiv hissəsi müəyyən edilir, hansı ki, bu birinci mərhələdir. Sonrakı addımda isə hədəf molekulun aktiv mərkəzin nəzərə alınması ilə sintonlara ayrılması baş verir. Bunun nəticəsində, proqnozlaşdırılan reaktivlərin qrafik təsviri yaradılır. (Bekas, 2019, s.1572-1583)

Proqram	Mövcudluq	Link
AiZynthFinder	Açıq mənbə	https://github.com/MolecularAI/aizynthfinder
ASKCOS Tree Builder (MLDPS)	Açıq mənbə	https://github.com/connorcoley/ASKCOS
Chemical.AI	Pulsuz və peşəkar versiyalar	https://chemical.ai/
Chemplanner (Scifinder-n)	Kommersiya	https://www.cas.org/products/scifinder/retrosynthesis-planning
Reaxys Predictive Retrosynthesis	Kommersiya	https://www.elsevier.com/solutions/reaxys/how-reaxys-works/synthesis-planner
Molecule.One	Kommersiya	https://molecule.one/
Synthia (formerly Chematica)	Kommersiya	https://www.sigmaaldrich.com/chemistry/chemical-synthesis/synthesis-software.html

Cədvəl 1. Retrosintez modelləri və proqram təminatı nümunələri.

Reaxys Predictive Retrosynthesis program aləti reaksiya şablonuna əsaslanan yanaşmalardan istifadə etdiyindən şəffaflığına görə cəlbədidir. Təklif olunan sintetik marşrut haqqında məlumat verərkən, reaksiyaların təfərrüatları daxil olmaqla, istifadə olunan şablonlarla əlaqəli olan orijinal nəşrə və ya patentə geri keçid etmək mümkündür. Bununla belə, şablon əsaslı yanaşma məhduddur, çünki şablonlar yeni reaksiyalar üçün ümumiləşdirilmir, baxmayaraq ki, onlar yeni kontekstdə məlum reaksiyadan istifadə edə bilirlər. Avtomatik nəticə çıxarma həmçinin mahiyyətə eyni mexanizmə malik, lakin müxtəlif kontekstlərdə olan çoxsaylı şablona gətirib çıxarır. Verilənlər toplusunun ölçüsünün artırılması nəzəri olaraq daha yaxşı modellərə gətirib çıxarmalıdır, lakin bəzən performans artımının qarşısı daha böyük verilənlər bazalarından çıxarılan lazımsız şablonların sayının artması ilə də müşahidə oluna bilər. (Rodríguez, 2019, s. 589–604) Buna görə də şablona əsaslanan yanaşmaları tamamlayan fərqli və perspektivli tədqiqat xətti hazırda reaksiyanın proqnozlaşdırılmasında şablonsuz dərin öyrənmə yanaşmalarını tətbiq edir. Təbii dil emalından və dillərin maşın tərcüməsindən ilhamlanan modellərdən istifadə edərək, verilmiş reaktivlər dəstini dilə tərcümə işi kimi yanaşaraq nəticədə məhsula və əksinə çevirmək mümkündür. Kimyəvi strukturlar üçün SMILES dilindən istifadə edərək, modellər reaktivləri bir dil, məhsulu isə başqa dil kimi nəzərdən keçirir və bu, dil tərcüməsi modellərindən istifadə etməyə imkan verir. Konseptual olaraq dərin öyrənmə çərçivələri molekulların hansı hissələrinin verilmiş reaksiya üçün müvafiq olduğunu, onların daha uzun diapazonlu təsirlər və ya sadəcə qonşu atomlar olduğunu başa düşə bilməlidir və beləliklə, şablon əsaslı yanaşmada olduğu kimi əvvəlcədən müəyyən edilmiş molekulyar kontekstlə məhdudlaşmır. (Jia-Min Lu, 2024, s.98-106)

Yuxarıda qeyd edilənləri nəzərə alaraq qeyd edə bilərik ki, ağıllı, avtomatlaşdırılmış və yüksək məhsuldarlıqlı kimyəvi sintez platformaları yaxın gələcəkdə tədqiqatçılara çoxlu sayda təkrar təcrübələrdən qaçmağa imkan verəcək və əsas etibarilə retrosintetik sahədə əsas problemləri həll edərək əlaqəli sənaye sahələrinin inkişafına kömək etmək potensialına malik olacaq. Lakin akademik tədqiqat və sənaye istehsalına tələb artmaqda davam etdikcə, bu platformalar, şübhəsiz ki, daha yeni və daha yüksək tələblərlə üzləşəcək. Belə ki, yüksək məhsuldarlıqlı kimyəvi sintez üçün bu ağıllı avtomatlaşdırılmış platformalar üzvi, qeyri-üzvi və bioloji molekulların sintezi üçün mürəkkəb əməliyyatları, məsələn, bərk və yüksək özlü reaktivlərin və məhsulların işlənməsi, qeyri-homogen reaksiya qarışıqlarının hazırlanması, susuz reaksiya və anaerob mühitin təmin edilməsi kimi mürəkkəb əməliyyatları da həyata keçirə bilməlidir.

ƏDƏBİYYAT

1. Bekas C., Schwaller P., Laino T., Gaudin T., Bolgar P., Hunter C.A., (2019). Molecular transformer: A model for uncertainty-calibrated chemical reaction prediction, ACS Cent Sci, vol. 5 pp. 1572-1583
2. Francesca Grisoni, Berend J. H. Huisman, Alexander L. Button, Michael Moret, Kenneth Atz, Daniel Merk, Gisbert Schneider, (2019). AI-assisted synthesis prediction. Drug Discovery Today: Technologies volumes 32–33, pages 65-72
3. Gani R, Zhang L, Mao H, Liu Q, (2020). Chemical product design — recent advances and perspectives. Curr Opin Chem Eng Frontiers of Chemical Engineering: Chemical Product Design, pp. 22-34
4. Jia-Min Lu, Jian-Zhang Pan, Yi-Ming Mo, Qun Fang, (2024). Automated Intelligent Platforms for High-Throughput Chemical Synthesis. Artificial Intelligence Chemistry, volume 2, issue 1, pp. 98-106
5. Kammeraad JA, Goetz J, Walker EA, Tewari A, Zimmerman PM, (2020). What does the machine learn? Knowledge representations of chemical reactivity. J Chem Inform Model, pp. 1290-1301
6. Szymkuc S, Gajewska EP, Klucznik T, Molga K, Dittwald P, Startek M, Bajczyk M, Grzybowski BA, (2016). Computer-assisted synthetic planning: the end of the beginning. Angew Chem Int Ed, pp. 55-59
7. Tiago Rodrigues, Filipa de Almeida, Rui Moreira, (2019). Synthetic organic chemistry driven by artificial intelligence. Nature Reviews Chemistry, vol. 3, pp. 589–604
8. Venkatasubramanian V, (2019). The promise of artificial intelligence in chemical engineering: is it here, finally? AIChE J, pp. 466-478
9. Venkatasubramanian and Vipul Mann, (2022). Artificial intelligence in reaction prediction and chemical synthesis. Current Opinion in Chemical Engineering, pp. 128-144

ABSTRACT

Synthetic organic chemistry has a strong impact on several areas of chemistry, including drug discovery, chemical biology, materials science and engineering. However, performing complex chemical syntheses requires a chemist to have excellent expert knowledge, which is usually acquired through many years of education and practical laboratory experience. To overcome this limitation and to facilitate and automate chemical synthesis, many software tools based on artificial intelligence are currently being used. One of the most important issues in organic synthesis today is the need for faster prediction in retrosynthetic processes, and this article extensively discusses the recent impact of artificial intelligence on various

research areas of synthetic chemistry, including this important direction. The review aims to support organic chemists in accepting artificial intelligence as a tool rather than an adversary and to provide impetus for future research by clarifying knowledge gaps.

Keywords: *organic synthesis, artificial intelligence, chemistry, reaction, software, automation*

АННОТАЦИЯ

Синтетическая органическая химия оказывает сильное влияние на несколько областей химии, включая открытие новых лекарственных препаратов, химическую биологию, материаловедение и инженерию. Однако выполнение сложных химических синтезов требует от химика отличных экспертных знаний, которые обычно приобретаются за многие годы обучения и практического лабораторного опыта. Для преодоления этого ограничения, а также для упрощения и автоматизации химического синтеза в настоящее время используется множество программных инструментов на основе искусственного интеллекта. Одной из важнейших проблем в органическом синтезе сегодня является необходимость более быстрого прогнозирования ретросинтетических процессов, и в этой статье подробно обсуждается недавнее влияние искусственного интеллекта на различные области исследований синтетической химии, включая эту важную область. Цель обзора — помочь химикам-органикам увидеть в искусственном интеллекте инструмент, а не противника, а также стимулировать будущие исследования путем прояснения пробелов в знаниях.

Ключевые слова: *органический синтез, искусственный интеллект, химия, реакция, программное обеспечение, автоматизация*

UŞAQLAR DA OLAN XƏRÇƏNG XƏSTƏLİYİNƏ SÜNİ İNTELLEKT TƏTBİQ ETMƏK

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537394>

Dos.Pınar Özen
pinar.ozen@dpu.edu.tr
Kütahya Dumlupınar Universiteti

Nazlı Əjdərova
Nazzaur002@gmail.com

Naxçıvan Dövlət Universiteti
(Kütahya Dumlupınar Universiteti doktorant)

XÜLASƏ

Süni intellekt son on ildə müxtəlif tibbi problemlərin, o cümlədən xərcəngin həllinə əhəmiyyətli töhfə verib. Süni intellekt xərcəng tədqiqatlarının müxtəlif sahələrində getdikcə daha çox tətbiq olunur. Bu gün süni intellekt üsulları həkimlərə qərar vermə, idarəçilərə daha effektiv xidmət göstərmək və xərcləri minimuma endirmək, səhiyyə işçilərinin iş yükünü azaltmaq, xəstələrə isə yüksək dəqiqlik və ən az səhv nisbəti ilə müalicə almaq baxımından mühüm imtiyazlar verir. Bu tərtibi iki kateqoriyada qiymətləndirmək olar.

Sürətlə inkişaf edən süni intellekt texnologiyasının yaxın gələcəkdə xərcəng sahəsinə böyük təsir göstərməyə davam edəcəyi düşünülür. Nəticə etibarilə, səhiyyə xidmətlərində rəqəmsal yeni dövrlə ayaqlaşan həkim və tədqiqatçıların multidissiplinar tədqiqatlar və təhsil kurikulumlarına süni intellekt üzrə təlim kursları daxil etməsi, süni intellektə əsaslanan klinik qərar qəbul etmə sistemlərinin geniş tətbiqinin fərdiləşdirilmiş tibb, diaqnoz və müalicə fəzası, xəstələrin təkrar iş vaxtına qənaət baxımından əhəmiyyətli üstünlüklər təmin edəcəyi düşünülür. məmnunluq, həm sərfəli, həm də keyfiyyətli xidmətlər təqdim etmək.

Xərcəng xəstəliyi dünyada ölümə səbəb olan əsas xəstəliklərdən biri olmaqda davam edir. Onun erkən mərhələdə aşkarlanması və risk faktorlarının vaxtında müəyyən edilməsi xəstəliyin qarşısının alınmasında mühüm rol oynayır. Bu sahədə süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının tətbiqi səhiyyə sistemində inqilabi dəyişikliklərə yol açır. Süni intellekt alqoritmləri böyük həcmli tibbi məlumatların təhlili, fərdi risk profillərinin müəyyən edilməsi, erkən diaqnostika imkanlarının artırılması və fərdiləşdirilmiş profilaktik tədbirlərin hazırlanmasında effektiv vasitə kimi çıxış edir. Məqalədə süni intellektin xərcəngin qarşısının alınmasındakı praktiki tətbiqləri, istifadə edilən texnologiyalar, onların üstünlükləri və mövcud problemlər araşdırılır. Eyni zamanda gələcəkdə bu sahədə inkişaf perspektivləri və etik məsələlərə də toxunulur.

Açar sözlər: Süni intellekt, xərcəngin qarşısının alınması, erkən diaqnostika, maşın öyrənməsi, dərin öyrənmə, səhiyyədə innovasiya, tibbi analiz, risk faktorları, profilaktik tədbirlər.

Xərçəng xəstəliyi XXI əsrin ən ciddi qlobal səhiyyə problemlərindən biri kimi qalmaqdadır. Bu xəstəlik təkcə insan həyatı üçün təhlükə yaratmaqla kifayətlənmir, həm də sosial və iqtisadi baxımdan ölkələr üçün ciddi yük formalaşdırır. Ümumdünya Səhiyyə Təşkilatının (ÜST) 2022-ci il hesabatına əsasən, dünyada hər il təxminən 10 milyon insan xərçəng səbəbindən həyatını itirir. Bu statistika xəstəliyin vaxtında aşkarlanmasının və qarşısının alınmasının nə qədər vacib olduğunu göstərir. Müasir texnologiyaların inkişafı, xüsusilə süni intellektin (Sİ) tibbdə tətbiqi bu istiqamətdə yeni imkanlar yaradıb. Sİ sistemləri müxtəlif məlumat mənbələrindən gələn böyük həcmli informasiyaları təhlil edərək, xəstələrin risk səviyyəsini təyin edə, erkən mərhələdə şübhəli dəyişiklikləri müəyyənləşdirə və fərdi profilaktik tövsiyələr verə bilir. Beləliklə, Sİ həm tibb mütəxəssislərinə, həm də xəstələrə daha dəqiq və sürətli qərarlar qəbul etməyə imkan verir.

Bu məqalənin məqsədi süni intellektin xərçəngin qarşısının alınmasındakı rolunu hərtərəfli şəkildə araşdırmaq, onun tətbiq sahələrini və texnologiyalarını təqdim etmək, üstünlüklərini və çətinliklərini qiymətləndirmək, və bu sahədə gələcək inkişaf perspektivlərini müəyyənləşdirməkdir.

Süni intellektin xərçəngin qarşısının alınmasında rolu

Xərçəngin qarşısının alınması sahəsində süni intellektin (Sİ) tətbiqi son illərdə ciddi irəliləyişlərə səbəb olmuşdur. Bu texnologiya əsasən erkən diaqnostika, risk faktorlarının təhlili və fərdiləşdirilmiş profilaktik yanaşmaların inkişafı sahələrində mühüm rol oynayır. Ənənəvi tibbi yanaşmalarda bəzən müalicə və diaqnoz gecikmiş ola bilər, lakin süni intellekt alqoritmləri bu problemləri aradan qaldırmaq və xəstəliyi erkən mərhələdə aşkar etmək üçün vacib vasitələrdən biridir.

1. Risk faktorlarının təhlili və proqnozlaşdırılması

Xərçəngin qarşısının alınmasında ilk addım risk faktorlarının düzgün müəyyən edilməsi və onların təhlilinə əsaslanır. Xərçəngin bir çox növü, xüsusilə də ətraf mühit, həyat tərzini və genetik faktorlara bağlı olaraq inkişaf edir. Süni intellekt sistemləri, müxtəlif məlumat mənbələrindən (genetik məlumatlar, tibbi tarixçə, həyat tərzini və s.) toplanan məlumatları təhlil edərək fərdi risk səviyyələrini müəyyən edə bilər. Bu, həkimlərə fərdi profilaktik tədbirləri daha hədəfli şəkildə həyata keçirməyə kömək edir. Məsələn, xərçəngin genetik meyillərlə əlaqəli olduğu vəziyyətlərdə, süni intellektə əsaslanan alqoritmlər fərdi genetik məlumatları təhlil edərək, xəstənin xəstəlik riskini proqnozlaşdırır. Bəzi Sİ alqoritmləri isə xərçəngin inkişafı üçün ətraf mühitin və həyat tərzinin təsirlərini qiymətləndirərək, qarşısının alınması üçün tədbirlər təklif edir.

2. Erkən diaqnostika və görüntü tanıma

Xərçəngin erkən mərhələdə aşkarlanması, müalicə şanslarını əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Lakin bəzən xərçəngin əlamətləri erkən mərhələlərdə çox da nəzərə çarpmır və ya adi müayinə üsulları ilə aşkarlanması çətin olur. Bu sahədə süni intellekt, xüsusilə dərin öyrənmə (Deep Learning) alqoritmləri ilə böyük irəliləyişlərə nail olunub. Bu texnologiyalar tibbi görüntü analizi sahəsində, məsələn, mammoqrafiya, tomoqrafiya (CT), maqnit-rezonans görüntüləmə (MRI) və ultrason kimi müayinələrdə əvəzsiz rol oynayır.

Dərin öyrənmə modeləri görüntülərdəki nümunələri təhlil edərək, xərçəngin kiçik, erkən əlamətlərini aşkar edir. Bu texnologiyalar, həkimlərin təsadüfi olaraq gözdən qaçıraçağı kiçik dəyişiklikləri müəyyən etməyə imkan verir. Məsələn, radiologiyada süni intellektin tətbiqi, müayinə prosesini sürətləndirərək səhv diaqnozların qarşısını alır və daha dəqiq nəticələr verir.

3. Genetik və molekulyar məlumatların təhlili

Xərçəngin qarşısının alınmasında genetik və molekulyar məlumatların əhəmiyyəti böyükdür. Genomika sahəsindəki irəliləyişlər və xəstələrin genetik məlumatlarının təhlil edilməsi, xərçəngin inkişafını proqnozlaşdırmaq və qarşısını almaq üçün yeni imkanlar açmışdır. Süni intellekt, böyük genetik məlumatları təhlil edərək, xərçəngin yaranmasında iştirak edən biomarkerləri və mutasiyaları müəyyən edir.

Bu texnologiyalar yalnız xərçəngin erkən aşkar edilməsində deyil, həm də fərdi müalicə planlarının hazırlanmasında böyük rol oynayır. Xəstələrin genetik məlumatlarına əsaslanaraq, süni intellekt fərdiləşdirilmiş müalicə yanaşmalarını təklif edə bilər ki, bu da müalicənin effektivliyini artırır.

Əsas tətbiq sahələri və texnologiyalar

Süni intellektin xərçəngin qarşısının alınmasında tətbiqi bir çox fərqli texnologiya və alqoritmlər üzərində qurulub. Bu texnologiyalar xəstəliyin erkən mərhələlərində aşkar edilməsi, müalicə planlarının optimallaşdırılması, genetik analizlərin aparılması və tibbi məlumatların daha doğru şəkildə idarə olunmasına imkan verir. Aşağıda süni intellektin əsas tətbiq sahələrini və bu sahələrdə istifadə olunan texnologiyaları daha ətraflı şəkildə təqdim edirik:

1. Maşın öyrənməsi (Machine Learning) və Risk Təhlili

Maşın öyrənməsi (MO), süni intellektin əsas alt sahələrindən biridir və xərçəngin qarşısının alınmasında əhəmiyyətli yer tutur. MO alqoritmləri, müxtəlif verilənlərə əsaslanaraq nümunələri öyrənir və nəticələr çıxarır. Bu texnologiya, xərçəngin inkişaf riskini təhlil etmək üçün istifadə olunur. Məsələn, tibb müəssisələrində toplanan tibbi tarixçə, laboratoriya nəticələri və xəstənin həyat tərzində məlumatlar üzərində

maşın öyrənmə modelləri qurularaq, xəstələrin xərcəngə tutulma riskləri proqnozlaşdırılır.

MO modelləri həmçinin səhv diaqnozların qarşısını alır, çünki çoxlu məlumatları qısa müddət ərzində təhlil edib, düzgün qərarlar qəbul edə bilər. Bununla yanaşı, MO sistemləri xəstəliklərin daha əvvəlki mərhələlərində aşkar edilməsinə kömək edir, beləliklə müalicənin başlanğıcı daha erkən olur.

2. Dərin öyrənmə (Deep Learning) və Tibbi Görüntü Analizi

Dərin öyrənmə (DO), süni intellektin daha inkişaf etmiş bir formasıdır və əsasən görüntü tanıma sahəsində tətbiq olunur. Bu texnologiya, xüsusilə radiologiya və patoloji sahələrində tibbi görüntülərin analizi üçün geniş istifadə olunur. Konvolyusiya neyron şəbəkələri (CNN) və digər dərin öyrənmə alqoritmləri, mammoqrafiya, MRI, tomoqrafiya və rentgen görüntülərində xərcəngin kiçik əlamətlərini belə aşkar edə bilər.

Bu texnologiyanın üstünlüyü, həkimlərin human error (insan səhvi) ehtimalını minimuma endirməsi və xəstəlikləri çox daha sürətli və dəqiq aşkarlamasıdır. Ənənəvi üsullarla müqayisədə, süni intellekt sistemləri yüzlərlə və ya minlərlə görüntünü analiz edərək, dəyişiklikləri təhlil edir və həkimə daha ətraflı və dəqiq nəticələr təqdim edir. Bu da xərcəngin erkən mərhələdə təyin olunması və müalicənin vaxtında başlanması üçün imkan yaradır.

3. Təhlükə Qiymətləndirmə və Qərar Dəstəkləyici Sistemlər

Süni intellekt əsasında hazırlanan qərar dəstəkləyici sistemlər (CDSS), həkimlərə xərcəngin qarşısının alınması və müalicəsi barədə məlumatlı qərarlar qəbul etməyə kömək edir. Bu sistemlər xəstələrin tibbi tarixçələrini, simptomlarını, müalicə proseslərini və digər məlumatları analiz edərək, xəstələr üçün fərdi risk qiymətləndirmələri təqdim edir.

Məsələn, Sİ əsaslı qərar dəstəkləyici sistemlər genetik analizlərə, şüa müalicəsi nəticələrinə, simptomların gedişatına və başqa tibbi göstəricilərə əsaslanaraq xəstənin xəstəlik ehtimalını proqnozlaşdırır. Bu da müalicə planlarının dəqiq və fərdiləşdirilmiş şəkildə qurulmasına imkan verir. CDSS texnologiyaları, həkimlərin daha məlumatlı qərarlar qəbul etməsinə kömək edir və xəstənin sağalma ehtimalını artırır.

4. Böyük Məlumat Analitikası (Big Data) və İnteqrasiya

Böyük məlumat analitikası (Big Data), süni intellektin təhlil etməkdə istifadə etdiyi bir başqa mühüm sahədir. Bu sahədə, xəstələrin tibbi tarixçə məlumatları, genetik məlumatlar, müalicə nəticələri və hətta biosensordlardan (ağıllı saatlar, geyilə bilən cihazlar və s.) gələn məlumatlar böyük miqdarda toplanır və təhlil edilir. Süni intellekt

bu məlumatları analiz edərək xəstənin riskini daha dəqiq müəyyən edir və müalicə üçün fərdiləşdirilmiş təkliflər təqdim edir.

Eyni zamanda, Big Data texnologiyaları səhiyyə sahəsindəki bütün məlumatları birləşdirərək, daha geniş əhatəli təhlil imkanları yaradır. Bu da xərçəngin daha effektiv şəkildə qarşısının alınmasına, erkən mərhələdə aşkarlanmasına və müalicənin daha sürətli və mükəmməl həyata keçirilməsinə şərait yaradır.

5. Genomika və Genetik Məlumatların Analizi

Xərçəngin qarşısının alınmasında genomika sahəsindəki irəliləyişlər də mühüm rol oynayır. Süni intellekt, genetik məlumatların təhlilində böyük əhəmiyyətə malikdir. Genetik mutasiyalar və biomarkerlər üzərində aparılan təhlillər sayəsində, xəstələrdə xərçəngə meyilli genetik dəyişikliklər əvvəlcədən müəyyən edilə bilər. Bu, daha erkən müdaxilələrə və xəstənin daha sağlam həyat tərzini sürməsinə imkan verir.

Süni intellekt, genom məlumatlarını emal edərək, xərçəngin inkişafına səbəb ola biləcək genetik mutasiyaları aşkar edir və bu məlumatlara əsaslanaraq fərdi müalicə planları hazırlayır. Bu yanaşma təkcə müalicənin daha effektiv olmasına deyil, həm də xəstənin xərçəngə tutulma ehtimalını azaltmağa kömək edir.

Süni intellektin üstünlükləri və çətinlikləri

Süni intellektin xərçəngin qarşısının alınmasında tətbiqi bir çox üstünlüklər təqdim etməklə yanaşı, bəzi çətinliklər və məhdudiyyətlərlə də üzləşir. Bu bölmədə süni intellektin xərçəngə qarşı mübarizədə necə faydalı olduğu və hansı çətinliklərin bu texnologiyanın tətbiqini məhdudlaşdırdığı araşdırılır.

Üstünlüklər

1. Erkən aşkarlama və daha dəqiq diaqnostika

Süni intellektin ən böyük üstünlüyü, xərçəngin erkən mərhələlərində aşkarlanmasında yüksək dəqiqlik təmin etməsidir. Dərin öyrənmə və maşın öyrənmə alqoritmləri, tibbi görüntüləri (mamoqrafiya, MRI, tomoqrafiya və s.) analiz edərək xərçəngin çox kiçik, erkən əlamətlərini belə aşkar edə bilər. Bu texnologiya, insan həkimləri tərəfindən bəzən qaçırılabilən əlamətləri müəyyən etməyə kömək edir. Erkən diaqnostika isə xərçəngin müalicəsi üçün şansları əhəmiyyətli dərəcədə artırır.

Ənənəvi diaqnostik metodlarla müqayisədə, süni intellekt sistemləri sürətli və daha dəqiq nəticələr təmin edir, səhv diaqnozları azaldır və səhv müalicə proseslərinin qarşısını alır. Bu xüsusiyyət, xüsusilə məmur və inkişaf etməkdə olan ölkələrdə səhiyyə xidmətlərinin keyfiyyətini yaxşılaşdırır.

2. Fərdiləşdirilmiş müalicə və profilaktika

Süni intellekt, xəstənin genetik, bioloji və tibbi məlumatlarını təhlil edərək fərdiləşdirilmiş müalicə planları hazırlamağa imkan verir. Xərçəngin fərqli növlərinin və mərhələlərinin müxtəlif müalicə yanaşmaları tələb etdiyini nəzərə alaraq, süni intellektə əsaslanan sistemlər, xəstənin əlamətlərinə və genetik məlumatlarına əsaslanaraq ən uyğun müalicə metodlarını təklif edir.

Məsələn, Sİ sistemləri genetik analizlərə əsaslanaraq, xəstənin xərçəngə qarşı daha effektiv reaksiya verə biləcəyi müalicə üsullarını seçir. Bu, müalicənin uğurlu nəticələrinə gətirib çıxara bilər və müalicə müddətini qısaldır. Eyni zamanda, xəstəyə özəl profilaktik tədbirlər tövsiyə edilməsi, xərçəngin təkrarlama ehtimalını azaldır.

3. Resurslara qənaət və səhiyyə sistemlərinin təkmilləşdirilməsi

Süni intellektin səhiyyə sahəsindəki istifadəsi resurslara qənaət etməyə və səhiyyə xidmətlərinin daha səmərəli idarə olunmasına kömək edir. Məsələn, Sİ alqoritmləri xəstəliklərin diaqnozunu sürətləndirərək həkimlərin iş yükünü azaldır və daha çox xəstəyə xidmət etməyə imkan verir. Bununla yanaşı, səhiyyə müəssisələri üçün resursların optimallaşdırılması və büdcə qənaətləri mümkündür. Süni intellekt həmçinin səhiyyə xidmətlərini daha əlçatan edir, çünki Sİ əsaslı diaqnostik sistemlər uzaq bölgələrdə və ya resursları məhdud olan yerlərdə daha sürətli və ucuz xidmət təklif edə bilər. Bu, xüsusən inkişaf etməkdə olan ölkələr üçün əhəmiyyətlidir.

4. Daha sürətli və daha dəqiq məlumat analizi

Xərçəngin qarşısının alınmasında böyük məlumatların təhlili vacibdir. Süni intellekt, minlərlə səhiyyə məlumatını sürətlə təhlil edərək daha dəqiq nəticələr əldə edir. Məlumatların genişliyi və mürəkkəbliyi ilə bağlı heç bir problem yaşamadan, Sİ sistemləri kompleks bioloji və tibbi məlumatları bir araya gətirərək daha sürətli qərarlar qəbul etməyə imkan yaradır. Bu, yalnız diaqnostika üçün deyil, həm də xərçəngin risklərini qiymətləndirmək, yeni müalicə metodlarını tapmaq və tədqiqatlar aparmaq üçün də faydalıdır.

Çətinliklər

1. Məlumatların keyfiyyəti və çatışmazlığı

Süni intellektin effektiv işləməsi üçün yüksək keyfiyyətli məlumatlara ehtiyac var. Lakin, bir çox səhiyyə təşkilatlarında məlumatların düzgün toplanması və sistematik şəkildə saxlanması hələ də ciddi problem olaraq qalır. Xüsusilə, tibb müəssisələrində məlumatların qeyri-dəqiqliyi və ya natamamlığı süni intellektin təhlil prosesində səhvlərə səbəb ola bilər. Bundan əlavə, fərdi məlumatların gizliliyi və etik məsələlər də məlumatların keyfiyyətinə təsir göstərir. Həkimlər və digər səhiyyə mütəxəssisləri, bu məlumatların təhlilini həyata keçirərkən pasiyentlərin hüquqlarına hörmət etməlidirlər.

2. Etik və hüquqi məsələlər

Süni intellektin tibbdə tətbiqi bəzi etik və hüquqi məsələləri gündəmə gətirir. Xərçəngin qarşısının alınmasında süni intellektin istifadəsi, şəxsi məlumatların toplanması və işlənməsi ilə bağlı məxfilik məsələlərini ortaya çıxarır. Müxtəlif ölkələrdə bu məlumatların saxlanması və istifadəsi ilə bağlı müxtəlif qanunlar mövcuddur və bu qanunların izlənilməsi vacibdir. Digər tərəfdən, süni intellektin tibbi qərarların verilməsində daha çox yer alması, həkimlər və mütəxəssislər arasında etibar məsələlərini də yarada bilər. İnsanların maşınlara etibar etməsi, xüsusilə həyat və ölüm məsələlərində, sosial və psixoloji tərəfdən çətinliklər yarada bilər.

3. Texnologiyanın qəbul edilməsi və təhlil edilməsi

Süni intellektin tətbiqi bəzi həkimlər və səhiyyə işçiləri tərəfindən tam qəbul edilmir. Bir çox həkimlər hələ də süni intellektin müalicə prosesinə təsirinin necə olacağı barədə şübhələrə malikdir. SI sistemlərinin "qara qutu" problemi (yəni, qərarların necə verildiyini izləmək və izah etmək çətinliyi) həkimlərin bu texnologiyalara etibar etmələrini çətinləşdirir. Bu, xüsusən həkimlərin və xəstələrin texnologiyaya qarşı mənfi münasibətlərini azaldaraq etibarlı və effektiv istifadəni təmin etməyə mane ola bilər. Əlavə olaraq, süni intellektin səhvləri və səhv qərarları, tibbi təcrübəni pozaraq xəstələrin sağlamlığına zərər verə bilər.

4. Böyük verilənlərin emalı və idarə olunması

Xərçəngin qarşısının alınmasında süni intellektin uğurla tətbiq edilməsi üçün böyük həcmdə verilənlər toplanmalı və işlənməlidir. Bu verilənlərin düzgün şəkildə toplanması, saxlanması və emalı çətin ola bilər, xüsusən də əgər məlumatlar fərqli formatlarda və müxtəlif mənbələrdən gəlersə. Bu, texnoloji çətinliklərə və xəstələrin məxfilik hüquqlarına zərər verə bilər.

Nəticə və gələcək perspektivlər

Xərçəngin qarşısının alınmasında süni intellektin tətbiqi, tibb sahəsindəki ən inqilabi inkişaflardan biridir və bu sahədəki irəliləyişlər hələ də davam edir. Son illərdə əldə edilən nəticələr, süni intellektin xərçəngin erkən diaqnostikası, müalicəsi və profilaktikası sahəsindəki potensialını göstərmişdir. Lakin bu texnologiyanın tətbiqi bəzi çətinliklərlə üzləşsə də, gələcəkdə daha geniş və daha effektiv istifadəsinin mümkünlüyü barədə ümidlər mövcuddur.

1. Süni intellektin mövcud təsirləri

Süni intellektin xərçəngin qarşısının alınmasında tətbiqi artıq bir çox müsbət nəticələr vermişdir. Bu texnologiya, xərçəngin erkən mərhələlərində aşkar edilməsini sürətləndirib və müalicə prosesini daha effektiv hala gətirib. Müxtəlif tibbi görüntü

analizi, genetik məlumatların təhlili və risk faktorlarının qiymətləndirilməsi sahələrində süni intellektin tətbiqi, daha sürətli və dəqiq qərarların qəbul edilməsinə imkan yaradıb.

Həkimlərin süni intellektlə əməkdaşlıq etməsi, onların iş yükünü azaldaraq xəstələrə daha çox diqqət ayırmağa imkan verir. Süni intellekt sistemləri, xəstələrin məlumatlarını təhlil edərək riskləri qiymətləndirir və müalicə planlarını fərdiləşdirir. Bu, xüsusən xərçəngin profilaktikasında mühüm rol oynayır, çünki fərdi risk faktorlarına əsaslanan daha yaxşı profilaktik tədbirlər təklif edilir. Süni intellektin tətbiqi, tibb sahəsində səhv diaqnozların və müalicə səhvlərinin qarşısını alır. Səhiyyə sistemlərinin daha düzgün və daha səmərəli işləməsini təmin edir və xəstələrin müalicə nəticələrini yaxşılaşdırır.

2. Gələcək perspektivlər

Süni intellektin xərçəngin qarşısının alınmasında gələcəkdəki rolu daha da böyüyəcək. Bu sahədə əldə edilən inkişaf, tibb texnologiyasının daha mükəmməl və daha dəqiq olmasını təmin edəcək. Aşağıda bu texnologiyanın gələcəkdəki əsas perspektivləri və inkişaf sahələri göstərilir:

1. **Erkən diaqnostik alətlərin inkişafı:** Süni intellekt texnologiyalarının gələcəkdə daha da inkişaf etməsi, xərçəngin daha da erkən mərhələlərində aşkar edilməsinə imkan verəcək. Bununla yanaşı, yeni alqoritmlərin inkişafı, daha yüksək həssaslığa və dəqiqliyə sahib olacaq, beləliklə xəstəliyin erkən mərhələdə müalicə olunması mümkün olacaq.
2. **Genomika və molekulyar analizlərin daha dərinə tətbiqi:** Genetik analizlərin və molekulyar məlumatların təhlilində süni intellektin rolu daha da artırılacaq. Xərçəngin inkişafını proqnozlaşdıran yeni biomarkerlərin tapılması və daha fərdiləşdirilmiş müalicə üsullarının inkişafı, xəstələrin sağalma ehtimalını artıracaq. Genetik məlumatların təhlili, hər bir xəstənin fərdi müalicə ehtiyaclarını müəyyən etməyə imkan verəcək.
3. **İnteqrasiya edilmiş tibbi məlumat sistemləri:** Süni intellektin tibbi məlumatların daha yaxşı idarə olunmasına kömək etməsi gözlənilir. Gələcəkdə səhiyyə müəssisələri arasında məlumatların paylaşılması və birləşdirilməsi, süni intellektin daha dəqiq nəticələr əldə etməsini təmin edəcək. Bütün xəstəliklərin və müalicə proseslərinin inteqrasiya edilməsi, həm həkimlər, həm də xəstələr üçün daha asan izləmə və nəzarət imkanı yaradacaq.
4. **Fərdiləşdirilmiş profilaktika və müalicə planlarının inkişafı:** Süni intellekt, xəstələrin fərdi tibbi tarixçələrinə, genetik məlumatlarına və həyat tərz faktorlarına əsaslanaraq daha yaxşı profilaktik tədbirlər və müalicə planları hazırlaya bilər. Bu, təkcə xərçəngin müalicəsini deyil, həm də onun qarşısının

alınmasını daha effektiv edir. Həkimlər süni intellektin köməyi ilə xəstənin xəstəliklərə qarşı mübarizə qabiliyyətini yaxşılaşdıran fərdiləşdirilmiş müalicə yanaşmalarını tətbiq edə biləcəklər.

3. Çətinliklərin aşılması və inkişafın qarşısındakı maneələr

Süni intellektin xərçəngin qarşısının alınmasında daha geniş istifadəsi üçün hələ də bəzi çətinliklər mövcuddur. Bununla yanaşı, bu çətinliklərin aradan qaldırılması və texnologiyanın inkişaf etdirilməsi, daha effektiv nəticələrin əldə edilməsinə səbəb olacaq.

- ✓ **Məlumatların keyfiyyəti və əldə olunması:** Yüksək keyfiyyətli məlumatların toplanması və saxlanması hələ də bir problem olaraq qalır. Səhiyyə təşkilatları arasında məlumatların uyğun şəkildə paylaşılması və məxfilik məsələlərinin həlli, süni intellektin effektivliyini artıracaq. Gələcəkdə, səhiyyə sahəsində məlumatların daha mükəmməl şəkildə toplanması və təhlil edilməsi üçün standartlar yaradılacaq.
- ✓ **Etik məsələlər və hüquqi çətinliklər:** Süni intellektin tibbdə geniş istifadəsi etik və hüquqi məsələləri gündəmə gətirir. Xəstələrin şəxsi məlumatlarının qorunması, süni intellektin qərar vermə prosesində nəzarət və məsuliyyət məsələləri, bu texnologiyanın istifadəsi ilə bağlı gələcəkdə daha geniş müzakirələrə səbəb olacaq. Həkimlər və səhiyyə işçiləri, süni intellektin qərarlarını düzgün və etik şəkildə tətbiq etmək üçün təlimlər almalıdırlar.
- **Texnologiyanın daha çox qəbul edilməsi:** Süni intellektin tibbdə geniş istifadəsi üçün daha çox qəbul edilməlidir. Həkimlərin və səhiyyə işçilərinin süni intellektə etibar etməsi, bu texnologiyanın istifadəsini artıracaq. Bu, həmçinin xəstələrin də bu texnologiyalara güvənməsinə və qəbul etməsinə kömək edəcək.

4. Süni intellektin gələcəyi və xərçənglə mübarizənin yeni üfüqləri

Xərçənglə mübarizədə süni intellektin gələcəyi parlaq görünür. Bu texnologiya yalnız diaqnostika və müalicə proseslərini deyil, həm də xəstələrin həyat keyfiyyətini yaxşılaşdırmağa yönəldilmiş yeni yanaşmaların inkişafını təmin edəcək. Xərçəngin qarşısının alınması, müalicə və profilaktika sahəsində süni intellektin daha geniş tətbiqi, dünya miqyasında xərçəngdən ölüm nisbətinin azaldılmasına səbəb ola bilər.

Gələcəkdə süni intellektin inkişafı ilə bağlı daha çox irəliləyişlər gözlənilir və bu texnologiya həyatımıza daha dərinlən nüfuz edəcək. Bu, daha sağlam və uzunömürlü bir cəmiyyətin yaradılmasına kömək edəcək, çünki süni intellektin tətbiqi ilə xərçəng və digər xəstəliklərin qarşısının alınması mümkün olacaq.

ƏDƏBİYYAT

1. Beam, A. L., & Kohane, I. S. (2018). Big data and machine learning in health care. *JAMA*, 319(13), 1317–1318.
2. Bibault, J.-E., Giraud, P., & Burgun, A. (2016). Big Data and machine learning in radiation oncology: State of the art and future prospects. *Cancer Letters*, 382(1), 110–117.
3. Esteva, A., et al. (2019). A guide to deep learning in healthcare. *Nature Medicine*, 25(1), 24–29.
4. Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J., Schwartz, L. H., & Aerts, H. J. (2018). Artificial intelligence in radiology. *Nature Reviews Cancer*, 18(8), 500–510.
5. Kourou, K., Exarchos, T. P., Exarchos, K. P., Karamouzis, M. V., & Fotiadis, D. I. (2015). Machine learning applications in cancer prognosis and prediction. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 13, 8–17.
6. Rajkomar, A., Dean, J., & Kohane, I. (2019). Machine learning in medicine. *New England Journal of Medicine*, 380(14), 1347–1358.
7. Topol, E. (2019). *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*. Basic Books.

ABSTRACT

Artificial intelligence has made significant contributions to solving various medical problems, including cancer, in the last decade. Artificial intelligence is increasingly being applied in various fields of cancer research. Today, artificial intelligence methods provide significant advantages in terms of decision-making for doctors, more efficient service delivery and cost minimization for administrators, reduced workload for healthcare professionals, and patients receiving treatment with high accuracy and the lowest error rate. This formulation can be assessed in two categories.

The rapidly developing artificial intelligence technology is expected to continue to have a major impact on the field of cancer in the near future. As a result, it is expected that doctors and researchers who are adapting to the new digital era in healthcare will include training courses on artificial intelligence in their multidisciplinary research and educational curricula, and the widespread application of clinical decision-making systems based on artificial intelligence will provide significant advantages in terms of personalized medicine, diagnosis and treatment phase, saving rework time of patients. satisfaction, and providing both cost-effective and quality services.

Cancer continues to be one of the leading causes of death in the world. Its early detection and timely identification of risk factors play an important role in preventing the disease. The application of artificial intelligence (AI) technologies in this area is leading to revolutionary changes in the healthcare system. Artificial intelligence algorithms act as an effective tool for analyzing large volumes of medical data, determining individual risk profiles, increasing early

diagnostic capabilities, and developing personalized preventive measures. The article examines the practical applications of artificial intelligence in cancer prevention, the technologies used, their advantages, and existing problems. At the same time, future development prospects and ethical issues in this area are also touched upon.

Keywords: *Artificial intelligence, cancer prevention, early diagnosis, machine learning, deep learning, healthcare innovation, medical analysis, risk factors, preventive measures.*

INNOVATIVE MANAGEMENT AS A BASIS FOR IMPROVING THE QUALITY OF EDUCATION

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537408>

Ragsana Hagverdiyeva Tapdig
reqsanetchr@gmail.com

ORCID ID: [0000-0002-9698-9073](https://orcid.org/0000-0002-9698-9073)

PhD candidate of Khazar University

ABSTRACT

Institutions have been grappling with finding ways to improve the quality of education for their overseas learners and integrating technology has become the order of the day. At the same time, many educational institutions have responded to the previously ignored problem by incorporating changes in their management practices. This paper explores the significance of systematic thinking in educational management with regards to organizational, technological, and human resource aspects. By focusing on resource allocation, finances, administrative innovations, technologies used, and management of human resources, the research highlights how these elements collectively improve academic performance of the learners. Leaders have to learn how to use TQM to ensure that there is an increase in the performance of education departments. There is also the need for technology and administration to be complemented and increased so that learning is effected smoothly. Finally, the study stresses that for the education management in an institution to be effective, creativity is necessary in order to create an education system sensitive to the changes in society and environment. In this area, it would be useful to explore the links between education management strategies and educational outcomes.

Keywords: *innovative management, educational quality, resource allocation, technological integration*

Education is a fierce competitive business; hence, all educational institutions are now contemplating on improving the quality of education offered by them. The shift in educational paradigm brought on by technology and globalization has created a great demand for education services throughout the world. Every educational institution is now re-evaluating how it is run. New management practices have come up as major determinants in this respect; affecting all spheres of educational institutions, whether in the areas of curriculum development, administrative operations to stakeholder relations and outreach.

The complexity of educational management necessitates a systematic approach that encompasses organizational, technological, and human resource dimensions, thereby fostering an environment conducive to learning and development. As Vaganova et al. (2020) highlight, effective management of educational activities involves a collaborative effort among all stakeholders, including students, teachers, parents, and administrative personnel, to meet educational needs and enhance quality.

Fatullayev (2023) emphasizes that innovative management practices not only streamline operations but also empower educators and learners, creating a more dynamic and responsive educational ecosystem. Furthermore, Ardi et al. (2012) argue that organizational and managerial innovations are crucial for fostering a culture of continuous improvement within educational settings. Notably, the role of effective leadership will also work to put innovations. Effective leadership is critical to policy implementations aimed at improving quality in education, especially to know how to address violence against children in school. Similarly, Widiyatmoko (2024) highlights how public bureaucratic performance indicators also contribute to access and quality improvement, emphasizing accountability and responsiveness in managing education.

a) Resource allocation and financial management

The efficient use of educational funds is crucial for enhancing the quality of education. As noted by recent studies, the allocation of resources must be strategic, focusing on key areas that directly impact educational outcomes (Fatullayev, 2024). Misallocation or waste of resources can severely hinder educational quality, emphasizing the need for a well-structured financial management system. The role of government in facilitating effective resource distribution cannot be overstated, as it sets the framework within which educational institutions operate (Wang et al., 2023). Furthermore, the implementation of Total Quality Management (TQM) principles in higher education institutions has been shown to improve resource utilization and ensure continuous quality improvement (Ardi et al., 2012). By adopting TQM, educational institutions can systematically address the needs of stakeholders and foster an environment conducive to learning.

b) Administrative innovations

Innovative management in education also encompasses administrative innovations that enhance institutional competitiveness and responsiveness. Mullakhmetov et al. argue that organizational and managerial innovations are often overlooked in favor of technological advancements, yet they are essential for fostering a culture of continuous improvement (Mullakhmetov et al., 2019). Bringing into play innovative administrative practices makes processes streamlined,

it reduces redundancy arising from bureaucratic structures and leads to better and effective educational outcomes. For instance, developing web-based management systems has been known to make administrative task handling much more effective for teachers thereby enabling them to spend more time teaching and learning (Widiyatmoko, 2024). Moreover, the leadership of school principals plays a pivotal role in establishing high educational management standards, as effective leadership is crucial for implementing innovative practices.

c) Technological integration

The integration of technology into educational management is another vital aspect of innovative management. Research indicates that technology-based learning management systems and educational analytics significantly enhance administrative efficiency and improve student learning experiences (Hutapea, 2023). The adoption of Industry 4.0 technologies in higher education has also been linked to improved quality management practices, particularly in addressing execution challenges faced by institutions (Javadov, 2024). The quality of education will improve further as educational institutions utilize technology to develop more adjusting and versatile learning environments.

d) Human resource management

Human resource management (HRM) is integral to the quality of education, as it directly impacts the recruitment, development, and retention of teaching staff. Effective HRM planning is essential for ensuring that educational institutions have the right competencies in place to meet evolving educational demands (Wang et al., 2023). The continuous professional development of educators, supported by innovative HRM practices, is crucial for maintaining high teaching standards and improving student performance (Qingan et al., 2023). Furthermore, fostering a culture of collaboration and shared responsibility among educators can enhance the overall quality of educational delivery.

To sum up, new management forms are vital to tackle any challenges affecting the quality of education. When educational institutions direct their concentrations towards effective utilization of resources, innovations in administration structures, adoption of new technologies, and sound management of human resources, an organization climate is developed that facilitates learning and growth. The combination of these elements reinforces the importance of viewing management of education in a more integrated way, where the role of innovations is to drive the improvement of quality. Further research should also consider the complex relationship between innovative management and the quality of education from other educational perspectives.

REFERENCES

1. Ardi, R., Hidayatno, A., & Zagloel, T. (2012). Investigating relationships among quality dimensions in higher education. *Quality Assurance in Education*, 20(4), 408-428. <https://doi.org/10.1108/09684881211264028>
2. Fatullayev, Vagif. (2023). CHARACTERISTICS AND BASIC PRINCIPLES OF STRATEGIC MANAGEMENT IN GENERAL EDUCATION INSTITUTIONS. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10079826>
3. Fatullayev, Vagif. (2024). THE IMPORTANCE OF STRATEGIC MANAGEMENT PLANNING IN SCHOOLS. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18658.75204>
4. Hutapea, S. (2023). Innovation in educational management leverages technology and new approaches to increase efficiency and effectiveness. *edumaniora*, 2(02), 70-74. <https://doi.org/10.54209/edumaniora.v2i02.42>
5. Javadov, Ilham. (2024). BASIC FACTORS AFFECTING THE QUALITY OF GENERAL EDUCATION. Ижтимоий-гуманитар фанларнинг долзарб муаммолари / Актуальные проблемы социально-гуманитарных наук / Actual Problems of Humanities and Social Sciences. 7. 290-296. <https://doi.org/10.58224/2618-7175-2024-7-290-296>
6. Qingan, G., Azar, A., & Ahmad, A. (2023). The impact of teacher quality management on student performance in the education sector: literature review. *World Journal of English Language*, 13(3), 156. <https://doi.org/10.5430/wjel.v13n3p156>
7. Mullakhmetov, K., Aminova, R., & Filimonchuk, I. (2019). Administrative innovations as necessary condition of competitiveness in schools. *Journal of Educational and Social Research*, 9(4). <https://doi.org/10.36941/jesr-2019-0003>
8. Vaganova, O., Gilyazova, O., Gileva, A., Yarygina, N., & Bekirova, E. (2020). Quality management of educational activities in higher education. *Revista Amazonia Investiga*, 9(28), 74-82. <https://doi.org/10.34069/ai/2020.28.04.9>
9. Wang, X., Zhu, L., & Yang, S. (2023). The relationship between the use benefit of educational funds and education quality. *Frontiers in Educational Research*, 6(31).

10. Widiyatmoko, A. (2024). Development of web-based student registration information system with rapid application development approach. Journal of Computer Networks Architecture and High Performance Computing, 6(1). <https://doi.org/10.47709/cnahpc.v6i1.3459>

İNNOVATİV İDARƏETMƏ TƏHSİLİN KEYFİYYƏTİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİNİN ƏSASINI TƏŞKİL EDİR

XÜLASƏ

Təhsil müəssisələri xaricdəki tələbələrin təhsil keyfiyyətini artırmaq yollarını tapmaqda çətinlik çəkirlər və texnologiyanın integrasiyası bu günün əsas tələbinə çevrilib. Eyni zamanda, bir çox təhsil müəssisəsi daha əvvəl nəzərə alınmayan problemlərə cavab olaraq idarəetmə təcrübələrində dəyişikliklər edib. Bu məqalə, təhsil idarəetməsində sisteməlik düşüncənin təşkilati, texnoloji və insan resursları baxımından əhəmiyyətini araşdırır. Resursların təyinatı, maliyyə, inzibati yeniliklər, istifadə olunan texnologiyalar və insan resurslarının idarə edilməsi üzərində fokuslanaraq, araşdırma bu elementlərin birlikdə necə akademik performansını artırdığını göstərir. Liderlər, təhsil departamentlərinin performansını artırmaq üçün TQM (Cəmiyyətin Keyfiyyətinin İdarə Edilməsi) istifadə etməyi öyrənməlidirlər. Eyni zamanda, texnologiya və idarəetmənin qarşılıqlı tamamlanması və artırılması lazım olduğunu vurğulamaqla tədrisin düzgün şəkildə həyata keçirilməsini təmin edir. Nəhayət, araşdırma, bir təhsil müəssisəsində təhsil idarəetməsinin effektiv olması üçün cəmiyyət və mühitdəki dəyişikliklərə həssas bir təhsil sistemi yaratmaq üçün yaradıcılığın vacib olduğunu vurğulayır. Bu sahədə, təhsil idarəetmə strategiyaları ilə təhsil nəticələri arasındakı əlaqələri araşdırmaq faydalı olacaqdır.

Açar sözlər: innovativ idarəetmə, təhsil keyfiyyəti, resursların təyinatı, texnoloji integrasiya

АННОТАЦИЯ

Учреждения сталкиваются с проблемой улучшения качества образования для своих иностранных студентов, и интеграция технологий становится необходимостью. В то же время многие образовательные учреждения откликнулись на ранее игнорируемую проблему, внедряя изменения в своей управленческой практике. В данной статье рассматривается значимость системного мышления в образовательном управлении с точки зрения организационных, технологических и кадровых аспектов. Исследование фокусируется на распределении ресурсов, финансах, административных инновациях, используемых технологиях и управлении человеческими ресурсами, подчеркивая, как эти элементы совместно способствуют улучшению академической успеваемости студентов. Руководителям необходимо

научиться использовать TQM (Управление качеством) для обеспечения повышения производительности образовательных подразделений. Также важно, чтобы технологии и администрация дополняли и усиливали друг друга, чтобы обучение проходило эффективно. В заключение исследование подчеркивает, что для эффективного управления образованием в учреждении необходимо проявление творчества для создания образовательной системы, чувствительной к изменениям в обществе и окружающей среде. В этой области было бы полезно исследовать связи между стратегиями образовательного управления и результатами образования.

Ключевые слова: *инновационное управление, качество образования, распределение ресурсов, технологическая интеграция*

SÜNİ İNTELLEKT VƏ TƏHSİL
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537423>

Tağıyeva Rəsmiyə
resmiye_tagiyeva@yahoo.com
Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Son illərdə təhsildə müasir texnologiyalardan, rəqəmsallaşdırma və təcrübələrin daxil edilməsindən istifadə artmaqdadır. Öyrənmə idarəetmə sistemlərini, oyunlaşdırmanı, video yardımlı öyrənməni, virtual və artırılmış reallıq texnologiyasının istifadəsini misal göstərmək olar.

Əlavə olaraq, süni intellekt yeni təhsil strategiyalarının və siyasətlərinin işlənib hazırlanmasının, məlumatlandırma biləcək nümunələrin və anlayışları müəyyən etmək üçün böyük həcmdə məlumatların təhlili üçün geniş istifadə olunur.

Süni intellektin təhsilə verdiyi faydalara baxmayaraq, onun ali təhsil müəssisələrinə təsiri ilə bağlı narahatlıqlar da var. Onlayn təhsil və təhsil resurslarının internet üzərindən daha da əlçatan olması bir çox ənənəvi təhsilin gələcəyinin sonu olduğundan xəbər verir. Nəticədə, bir çox ali təhsil müəssisələri sürətlə inkişaf edən rəqəmsal texnoloji dəyişikliklərə və rəqəmsal əsrə uyğunlaşmaq üçün yol axtarırlar.

Hal-hazırda süni intellektdən təhsilin müxtəlif sahələrində müxtəlif üsullarla istifadə olunur. Daima tələbə dəstəyini təmin edən chatbotlardan tutmuş, hər bir tələbənin ehtiyaclarına uyğunlaşan fərdiləşdirilmiş öyrənmə alqoritmlərinə qədər.

Süni intellekt təhsildə geniş imkanlar təmin etmək potensialına malikdir. Ən vaciblərindən biri hər bir təhsilalanın öyrənmək və öyrəndiini tətbiq etmək təcrübəsini genişləndirmək imkanındır. Süni intellektlə təhsilverənlər hər bir təhsilalanın unikal güc və bacarığını nəzərə alıb uyğunlaşdırılmış fərdiləşdirilmiş dərs planları və qiymətləndirmələr yaratmaq üçün tələbə performansını və üstünlük məlumatlarını təhlil edə bilirlər.

HOW DO CONTEMPORARY STUDIES ON THE USE OF AVATAR THERAPY LAY THE FOUNDATION FOR FUTURE TREATMENTS OF MENTAL HEALTH DISORDERS?

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537427>

Reyhan ŞAHİNBAŞ^{1,2}

reyhan.sahinbas@gedik.edu.tr

ORCID ID : 0000-0001-8156-0795

İnci ZAİM GÖKBAY^{3,4}

inci.gokbay@istanbul.edu.tr

ORCID ID : 0000-0002-4488-1642

¹ İstanbul University, Institute Of Graduate Studies In Sciences, Informatics, PhD Programme, Istanbul, Türkiye

²Gedik University, Gedik Vocational School, Biomedical Device Technology Programme, Istanbul, Türkiye.

³ Istanbul University, Faculty of Computer and Information Technologies, Department of Artificial Intelligence and Data Engineering, İstanbul, Türkiye

⁴ Institute of Cyber Security for Society (iCSS) & School of Computing, University of Kent, Canterbury CT2 7NP, UK

ABSTRACT

The integration of psychotherapy paradigms into virtual environments has gained momentum with the advancement of immersive technologies such as Virtual Reality (VR) and the emergence of the Metaverse. This study explores how core therapeutic approaches—Cognitive Behavioural Therapy (CBT), Psychoanalytic Theory, Humanistic Therapy, and Mindfulness-Based Interventions—can be adapted and implemented through avatar-based scenarios in digital spaces. Drawing upon recent literature, the paper evaluates the advantages, limitations, and transformative potential of each approach when mediated through interactive, three-dimensional platforms. CBT scenarios in VR, for example, offer graded exposure opportunities for individuals with anxiety disorders, enhancing behavioural change within a safe, controlled environment. Psychoanalytic-oriented avatars facilitate symbolic encounters with internalized figures, enabling the externalization of unconscious material. Humanistic applications foster self-compassion and personal growth through avatar-facilitated reflective dialogue. Meanwhile, mindfulness-based VR environments support present-moment awareness and emotion regulation through guided sensory immersion. The findings suggest that avatar therapy has the potential to augment mental health treatment by improving accessibility, personalization, and experiential depth. However, ethical considerations, the quality of therapeutic alliance in digital spaces, and the long-term efficacy of such interventions remain areas for further inquiry. The study contributes a conceptual framework for designing avatar therapy scenarios that align with specific therapeutic models, offering a basis for future clinical research and development. Ultimately, this paper highlights the importance of interdisciplinary collaboration among mental health professionals, designers, and policymakers to responsibly shape the future of therapy in the Metaverse. As digital mental health tools evolve, it becomes increasingly necessary to establish empirical, ethical, and culturally sensitive standards for their implementation.

Keywords: *Avatar Therapy, Avatar Therapy Scenarios, Virtual Reality, Metaverse, Psychotherapy*

INTRODUCTION

According to the content published by the World Health Organization (WHO) on 8 June 2022, in 2019, 280 million people, including 23 million children and adolescents, were living with a diagnosis of depression, 301 million people, including 58 million children and adolescents, were living with a diagnosis of anxiety disorder and 40 million people were living with a diagnosis of bipolar disorder (World Health Organization, 2022). The prevalence of mental disorders has increased significantly in the last few years and poses a significant burden and responsibility on individuals, families and societies worldwide (Rizzo et al., 2018). Mental disorders are complex conditions that often require long-term, multimodal treatment approaches. They involve a combination of biological, psychological and social factors that need to be addressed through a comprehensive treatment plan. Medication, psychotherapy and lifestyle interventions are often necessary to effectively manage signs (symptoms). It also requires ongoing care and monitoring as it can be chronic or recurrent. For this reason, long-term treatment and follow-up of individuals is required after diagnosis (Bebbington, 2010). Considering the frequency of occurrence, the economic cost of mental disorders that require comprehensive treatment and follow-up and the burden on health services are surprisingly high. The cost is estimated to be 2.5 trillion dollars globally and is expected to double by 2030 (Dhelim et al., 2021).

Psychotherapy has developed various theoretical approaches to make sense of the individual's mental life in the historical process. While psychoanalytic theory (Freud, 1940) aims to analyse the unconscious processes underlying the individual's behaviour, the Jungian approach (Jung et al., 1980) goes beyond the individual unconscious and focuses on universal psychological structures such as the collective unconscious and archetypes. Viktor Frankl's logotherapy (Frankl, 2010), which is among the existential therapy approaches, sees the individual's search for meaning in life as the basic component of psychological resilience. These theories offer in-depth insights in making sense of the individual's self-perception, internal conflicts and the relationship with life. However, each approach has certain limitations. For example, psychoanalytic therapy may not be accessible to all individuals as it requires a long-term and costly process, while existentialist approaches may not always offer concrete intervention strategies in dealing with the meaning gap. Jungian therapy, on the other hand, may be conceptually inaccessible for some clients as it is based on abstract concepts. Therefore, although these theories provide comprehensive frameworks for the individual's psychological processes, they should be critically evaluated in terms of applicability, accessibility and sensitivity to individual differences.

Although intelligent diagnosis and treatment systems have become an active part of more common life in recent years, the use of technology in the treatment and follow-up of mental disorders dates back to the 1950s (Straker et al., 1976). Elford states that the first example of tele-psychiatry, which enabled psychiatrists, psychologists and social workers to receive training by watching live or recorded lectures over a portable closed-circuit television system at the Nebraska Psychiatric Institute in the early 1950s, and aimed to provide safe assistance to nurses and tour the facility to specialists, was used in accordance

with the purposes. One of the first tele-psychiatry examples used in child and adolescent health is the connection between a child counselling clinic in New York City and Mount Sinai Medical School, which was carried out over television in 1970 (Baer et al., 1997; Elford, 1997). The communication and portable-wearable device technology that has developed over time has enabled the widespread use of digital health and applications, which are a set of systems and tools that support individuals to monitor/control their personal health status, comply with treatment protocols, and encourage preventive and preventive health activities (Hickey et al., 2021; Lupton, 2013).

The use of avatar therapy, which can be evaluated within the scope of these developments and has gained significant momentum in recent years, is being actively researched with the anticipation of being a method to be used as a support in the treatment of mental disorders. Avatar therapy aims to conduct therapy sessions with an avatar therapist or to achieve therapeutic goals in a virtual environment or game where an avatar represents the patient (Kothgassner et al., 2021). The idea that avatar therapy can complement traditional face-to-face methods is supported by findings from studies in the metaverse universe. Research suggests that in immersive virtual reality (IVR) environments, the experiences that individuals have through the avatar are similar to their real-life experiences, and that negative or positive aspects have a similar effect on their minds and bodies (Ahn et al., 2014; American Psychiatric Association, 2013; Bouchard et al., 2017). Based on the results, it is hypothesised that the mental and physical experiences patients have through scenarios involving their customised avatars may enhance the effectiveness of therapy through identification. Although this research area is relatively new, the number of Virtual Reality Therapy (VRT) studies is rapidly increasing.

It is seen that cognitive behavioural therapy (CBT) is widely used in VRET studies. The main reason behind this is that CBT is a psychotherapy that aims to identify and change negative thought patterns and behaviours. CBT treatment is based on sub-dimensions such as (i) Cognitive restructuring, (ii) Behavioural activation, (iii) Exposure therapy, (iv) Skill training. Among these, exposure therapy is particularly effective in the treatment of anxiety disorder. Anxiety disorders are a common disorder characterised by excessive anxiety, fear and related behavioural disorders (American Psychiatric Association, 2013). Habituation therapy involves gradual and controlled exposure to feared situations or stimuli. Underlying the success achieved with VRET scenarios, in which practice therapy for common anxiety disorders is widely used in the literature, is the support of providing a very realistic environment to expose the patient to the source or context of anxiety without causing danger. Looking at the research on this subject, it was reported that VRET scenarios had a significant effect on the degree of anxiety compared to patients who were not explicitly treated in the results of five studies (Baños et al., 2011; Bouchard et al., 2017; Donker et al., 2019; Robillard et al., 2010; Vincelli et al., 2003; Wallach et al., 2009). The fact that the individual gradually interacts with insects, dogs, cats, etc. in the scenario or overcomes them by spending time in environments such as lifts, planes, etc. is an expected positive result since the simulation and scenario create biological responses similar to real-life experience (Andersson et al., 2024; Bouchard et al., 2017; Dehghan et al., 2019; Donker et al., 2019; Farrell et al., 2021; Holmberg et al., 2020; James et al., 2003; Kampmann et al., 2016;

Krijn et al., 2004; Lin et al., 2020; Peñate et al., 2008; Robillard et al., 2010; Sreenivas, 2024; Vincelli et al., 2003; Wallach et al., 2009).

In this study, the authors aim to examine the 'Avatar Therapy Scenerios' studies, to consider the advantages, disadvantages and limitations of these scenarios, and to draw attention to how to draw a road map to the stages that need to be taken in order for the metaverse universe where avatar therapy can be added to be an effective support tool in mental health treatment in the future.

THE VIRTUAL JOURNEY OF PSYCHOTHERAPY SCENARIOS

The construction of avatar-based therapy scenarios in virtual environments is not merely a technical adaptation; it also requires a multi-layered transformation that integrates the fundamental principles of therapeutic schools into a digital format. In order to represent theoretical frameworks effectively and ethically in digital contexts, both the development of technical infrastructure and the creation of virtual designs aligned with the nature of the therapeutic process are essential. In this regard, transferring avatar therapy scenarios into virtual platforms based on theoretical diversity presents both opportunities and limitations, necessitating an interdisciplinary roadmap for a healthy transition.

1. Cognitive Behavioral Therapy (CBT) Scenarios

Cognitive Behavioral Therapy (CBT) aims to help individuals recognize automatic and negative thoughts, confront their validity, and develop more adaptive cognitive patterns (Beck, 1976). Virtual Reality (VR) technology supports this goal by providing simulated environments tailored to the needs of the individual and monitored by the therapist. This method has proven effective in creating exposure settings for conditions such as phobias (e.g., social phobia or acrophobia), post-traumatic stress disorder (PTSD), and generalized anxiety disorder (Maples-Keller et al., 2017).

In VR-based CBT, avatar therapy enables individuals to confront representations of their inner voice, critical thoughts, or anxieties. For instance, a protocol developed by Craig et al. (2018; 2019) allowed individuals with schizophrenia to interact in a controlled manner with avatars representing the voices they hear, leading to improvements in emotional regulation and self-perception.

Similarly, the 'VR Cognitive Therapy' model developed by Freeman et al. (2018) places individuals in digitally recreated social environments to help them address fears of social interaction and work on maladaptive automatic thoughts. In this protocol, clients are supported in recognizing their own behaviours and thoughts and developing alternative cognitive frameworks.

Falconer et al. (2016) also implemented an avatar-based self-compassion approach in a study with individuals diagnosed with depression, where participants first delivered compassionate messages to their avatars and later received the same messages back from the avatars—creating a two-way empathy process. This approach has demonstrated the effectiveness of avatar representations in both cognitive and emotional processes.

In conclusion, core CBT principles such as recognizing automatic thoughts, understanding the thought-emotion-behavior cycle, and conducting behavioral experiments can gain visual, experiential, and empathic depth in virtual environments.

2. Psychoanalytic Theory Scenarios

Psychoanalytic theory focuses on uncovering unconscious processes, repressed conflicts, and early life experiences. Implementing psychoanalytic principles in virtual environments raises the question of how unique dynamics such as transference and countertransference can be represented digitally. However, avatars can serve as "projection surfaces" that enable the externalization of internalized figures (Turkle, 2011).

For example, confronting internalized parental images or emotions like guilt and shame can be facilitated through avatar-based interaction scenarios. In the study by Falconer et al. (2017), avatar-mediated self-compassion exercises were found to reduce depressive symptoms. However, the lack of the therapist's physical presence in digital settings may limit the establishment of a secure attachment environment. Moreover, the emergence of unconscious material in such scenarios also introduces ethical responsibilities.

3. Humanistic Therapy Scenarios

The humanistic approach emphasizes individuals' exploration of their inner resources, personal authenticity, and self-actualization within an environment of unconditional acceptance. In this context, avatar-based humanistic scenarios in virtual environments can provide experiential opportunities for clients to cultivate empathy toward themselves. Carl Rogers' (1995) core principles of "unconditional positive regard" and "empathic understanding" can be re-created within interactions involving avatars.

The study by Park et al. (2018) demonstrated that avatar-facilitated exercises promoting self-acceptance and self-efficacy led to improvements in clients' self-perception. For example, establishing a compassionate dialogue between a person and their avatar may soften internal critical voices. However, the ability of virtual interactions to carry the emotional tone of a "live" therapeutic relationship remains a topic of ongoing discussion.

4. Mindfulness-Based Therapy Scenarios

Mindfulness encourages individuals to consciously and non-judgmentally direct their attention to the present moment. Virtual reality technology transforms mindfulness exercises and meditative practices into interactive experiences, offering effective tools for stress, anxiety, and emotion regulation (Navarro-Haro et al., 2019). In VR environments, users can engage in practices such as breath awareness, body scans, and observing thoughts within calming nature-themed virtual spaces.

These applications offer accessible, structured, and engaging experiences, especially for individuals with limited access to traditional mindfulness sessions. Seabrook et al. (2020) found that VR-based mindfulness practices can enhance emotional regulation skills. However, digital distractions, screen fatigue, and challenges related to integrating technology with introspective processes must be carefully considered.

DISCUSSION

The integration of traditional psychotherapy approaches with Virtual Reality (VR) and avatar technologies increases the accessibility of psychological interventions and expands opportunities for experiential learning. However, the transfer of each therapeutic approach into digital environments carries its own specific advantages and limitations.

Cognitive Behavioral Therapy (CBT), due to its structured nature, is among the most easily adaptable approaches to VR-based applications. Controlled exposure experiences in areas such as phobias, trauma, and social anxiety allow clients to confront negative beliefs in a safe environment (Maples-Keller et al., 2017). However, the transfer of skills learned in

digital settings to the real world may remain limited. Additionally, the process of adapting to virtual environments can induce anxiety for some users, negatively affecting their engagement in therapy (Freeman et al., 2018). One of the core principles of CBT is helping individuals restructure negative thoughts and beliefs to reach more functional cognitive processes. Virtual reality serves as a powerful tool to support this restructuring. In the Metaverse, exposure therapy via avatars offers the potential for deeper interaction, allowing individuals to confront their anxieties in a more realistic and immersive way. For instance, a public speaking experience in a crowded Metaverse setting targets social anxiety by placing users in a socially interactive context rather than an isolated environment. This can offer a more interactive and realistic exposure setting. However, there are uncertainties regarding how closely these Metaverse experiences reflect real-world events. Moreover, such interactions through avatars may not fully translate into real-world behaviors and engagements. Digital addictions and excessive interest in virtual environments may lead users to avoid real life, ultimately undermining the primary goals of CBT.

The psychoanalytic approach, with its emphasis on deep insight and symbolic representation, can turn avatars into effective tools for expressing unconscious content (Falconer et al., 2016). On the other hand, the limited development of transference and countertransference dynamics in digital platforms may restrict the depth of the therapeutic process. Furthermore, in crisis situations that may arise during the surfacing of unconscious material, the flexibility and supportiveness of the VR environment may fall short. Applying psychoanalytic theory in virtual settings carries the potential to digitally reconstruct processes like transference, countertransference, and unconscious conflicts through avatars and immersive spaces. The Metaverse can provide a space for clients to externalize inner conflicts using avatars, for example, by confronting parental figures or fears. However, the lack of the therapist's physical presence in the Metaverse may hinder the formation of secure attachments and therapeutic relationships. Real-time interactions in the Metaverse may not fully capture the emotional depth required in classical psychoanalytic therapy. Although virtual environments may facilitate the emergence of unconscious material, this also introduces digital ethical and psychological responsibilities. Questions about how avatars manage countertransference and whether therapists can effectively support these processes may limit the Metaverse's potential.

Humanistic therapy, which emphasizes self-acceptance, empathy, and self-development (Park, 2018), aligns well with the Metaverse's capacity to provide experiential applications through avatars. In avatar-based scenarios, users can approach themselves with empathy and engage in dialogue with their avatars to soften inner criticism. Carl Rogers' principles of unconditional positive regard and empathic understanding could be restructured in the Metaverse through avatar-user interactions. However, the emotional depth and live dynamics of the therapeutic relationship remain controversial in digital settings. Avatar interactions in the Metaverse may not adequately replace real-world experiences. The limitation of empathic resonance through avatars and virtual interaction can affect the quality of the therapeutic alliance.

Mindfulness practices aim to enhance present-moment awareness and enable individuals to observe negative emotional reactions without judgment (Seabrook et al., 2020). The Metaverse can serve as a highly effective mindfulness platform, particularly for

individuals dealing with stress and anxiety disorders. Through nature-themed environments, calming sounds, and guided exercises, users can experience mindfulness beyond the limits of traditional sessions. Metaverse-based mindfulness offers a structured and guided process for individuals who struggle with meditation in digital settings. However, phenomena such as technological addiction and digital distraction can hinder the effectiveness of mindfulness practices. Users may experience screen fatigue or be overwhelmed by visual stimuli in the Metaverse, obstructing the internalization of mindfulness processes.

CONCLUSION

While the Metaverse holds revolutionary potential in delivering therapeutic interventions, its integration with each therapeutic school presents not only numerous opportunities but also some significant challenges. Structured and guided approaches such as Cognitive Behavioral Therapy (CBT) and Mindfulness have been more directly adaptable to digital environments. In contrast, approaches that require greater depth and live interaction, such as Psychoanalytic and Humanistic therapies, demand further research to determine whether therapeutic experiences delivered in the Metaverse can be effective. As virtual environments continue to evolve, the potential of the Metaverse will be further explored and developed; however, elements such as ethics, safety, and the quality of therapeutic interaction must be carefully addressed. This study demonstrates that the integration of psychotherapy theories into digital environments—particularly virtual reality (VR) and the Metaverse—is both theoretically and practically possible and meaningful. Avatar-based therapeutic scenarios, in particular, can enhance accessibility while providing personalized, experiential, and safe intervention spaces.

CBT-based virtual scenarios offer effective digital exposure opportunities for conditions such as anxiety disorders, phobias, and post-traumatic stress disorder. Psychoanalytically inspired avatar scenarios can facilitate the emergence of unconscious material and confrontation with internal figures. Humanistic applications promote self-compassion and insight through unconditional acceptance and avatar-based interactions. Mindfulness-based VR environments are effective in areas such as stress reduction, emotional regulation, and inner focus. These findings indicate that avatar-based therapy models are not only compatible with traditional theories but also offer innovative implementation opportunities. This field carries important implications not only for clinical psychology practice but also for digital health policies, ethical frameworks, technology design, and educational settings. Therapy models conducted in virtual environments may offer inclusive and cost-effective solutions, especially for individuals with limited access to mental health services. However, these applications must be carefully regulated in terms of ethics, privacy, and the therapeutic alliance.

This study provides a comparative review of the limited existing examples in the literature that examine the integration of therapy theories into Metaverse and VR environments from an interdisciplinary perspective. It also proposes an original conceptual framework for how each theory can be adapted into potential digital scenario designs. Future research should focus on longitudinal studies assessing the long-term effects of avatar-based therapy applications; in-depth qualitative analyses of how psychodynamic elements such as therapeutic alliance, emotional transference, and interaction quality

function in VR environments; the impact of cultural differences on avatar therapy; integration of mixed reality systems into therapy; and the restructuring of therapist training programs to include digital therapy competencies. Academics, technology developers, and mental health professionals must collaborate on the design, evaluation, and ethical boundaries of virtual therapeutic environments. A multidisciplinary perspective is essential for the healthy advancement of this emerging field.

REFERENCES

1. Ahn, S. J. (Grace), Bailenson, J. N., & Park, D. (2014). Short- and long-term effects of embodied experiences in immersive virtual environments on environmental locus of control and behavior. *Computers in Human Behavior*, 39, 235–245. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.07.025>
2. American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition, Text Revision*. <https://doi.org/10.1176/ajp.152.8.1228>
3. Andersson, J., Hallin, J., Tingström, A., & Knutsson, J. (2024). Virtual reality exposure therapy for fear of spiders: An open trial and feasibility study of a new treatment for arachnophobia. *Nordic Journal of Psychiatry*, 78(2), 128–136. <https://doi.org/10.1080/08039488.2023.2279643>
4. Baer, L., Elford, R. D., & Cukor, P. (1997). Telepsychiatry at Forty: What Have We Learned? *Harvard Review of Psychiatry*, 5(1), 7. <https://doi.org/10.3109/10673229709034720>
5. Baños, R. M., Guillen, V., Quero, S., García-Palacios, A., Alcaniz, M., & Botella, C. (2011). A virtual reality system for the treatment of stress-related disorders: A preliminary analysis of efficacy compared to a standard cognitive behavioral program. *International Journal of Human-Computer Studies*, 69(9), 602–613. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2011.06.002>
6. Bebbington, P. E. (2010). Why Psychiatry Has to be Social. In *Principles of Social Psychiatry* (pp. 13–29). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470684214.ch2>
7. Beck, A. T. (1976). *Cognitive therapy and the emotional disorders*. (p. 356). International Universities Press.
8. Bouchard, S., Dumoulin, S., Robillard, G., Guitard, T., Klinger, É., Forget, H., Loranger, C., & Roucaut, F. X. (2017). Virtual reality compared with in vivo exposure in the treatment of social anxiety disorder: A three-arm randomised controlled trial. *British Journal of Psychiatry*, 210(4), 276–283. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.116.184234>
9. Craig, T. K. J. (2019). AVATAR therapy: A promising new approach for persistent distressing voices. *World Psychiatry : Official Journal of the World Psychiatric Association (WPA)*, 18(1), 98–99. <https://doi.org/10.1002/wps.20589>
10. Craig, T. K., Rus-Calafell, M., Ward, T., Leff, J. P., Huckvale, M., Howarth, E., Emsley, R., & Garety, P. A. (2018). AVATAR therapy for auditory verbal hallucinations in people with psychosis: A single-blind, randomised

- controlled trial. *The Lancet Psychiatry*, 5(1), 31–40. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(17\)30427-3](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(17)30427-3)
11. Dehghan, F., Jalali, R., & Bashiri, H. (2019). The effect of virtual reality technology on preoperative anxiety in children: A Solomon four-group randomized clinical trial. *Perioperative Medicine*, 8(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s13741-019-0116-0>
 12. Dhelim, S., Chen, L. L., Ning, H., Das, S. K., Nugent, C., Burns, D., Leavey, G., Pesch, D., & Bantry-White, E. (2021). Social Behavior and Mental Health: A Snapshot Survey under COVID-19 Pandemic (No. arXiv:2105.08165). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.08165>
 13. Donker, T., Cornelisz, I., van Klaveren, C., van Straten, A., Carlbring, P., Cuijpers, P., & van Gelder, J.-L. (2019). Effectiveness of Self-guided App-Based Virtual Reality Cognitive Behavior Therapy for Acrophobia: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Psychiatry*, 76(7), 682–690. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2019.0219>
 14. Elford, R. (1997). The child telepsychiatry project--a randomized controlled trial: (A comparison of initial child psychiatry assessments conducted via telemedicine to assessments conducted face-to-face) [Masters, Memorial University of Newfoundland]. <https://research.library.mun.ca/10461/>
 15. Falconer, C. J., Cutting, P., Bethan Davies, E., Hollis, C., Stallard, P., & Moran, P. (2017). Adjunctive avatar therapy for mentalization-based treatment of borderline personality disorder: A mixed-methods feasibility study. *Evidence-Based Mental Health*, 20(4), 123–127. <https://doi.org/10.1136/eb-2017-102761>
 16. Falconer, C. J., Rovira, A., King, J. A., Gilbert, P., Antley, A., Fearon, P., Ralph, N., Slater, M., & Brewin, C. R. (2016). Embodying self-compassion within virtual reality and its effects on patients with depression. *BJPsych Open*, 2(1), 74–80. <https://doi.org/10.1192/bjpo.bp.115.002147>
 17. Farrell, L. J., Miyamoto, T., Donovan, C. L., Waters, A. M., Krisch, K. A., & Ollendick, T. H. (2021). Virtual Reality One-Session Treatment of Child-Specific Phobia of Dogs: A Controlled, Multiple Baseline Case Series. *Behavior Therapy*, 52(2), 478–491. <https://doi.org/10.1016/j.beth.2020.06.003>
 18. Frankl, V. E. (2010). *The Doctor and the Soul: From Psychotherapy to Logotherapy* (3rd ed). Knopf Doubleday Publishing Group.
 19. Freeman, D., Haselton, P., Freeman, J., Spanlang, B., Kishore, S., Albery, E., Denne, M., Brown, P., Slater, M., & Nickless, A. (2018). Automated psychological therapy using immersive virtual reality for treatment of fear of heights: A single-blind, parallel-group, randomised controlled trial. *LANCET PSYCHIATRY*, 5(8), 625–632. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(18\)30226-8](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(18)30226-8)
 20. Freud, S. (1940). An outline of psycho-analysis. *The International Journal of Psychoanalysis*, 21, 27–84.
 21. Hickey, B. A., Chalmers, T., Newton, P., Lin, C.-T., Sibbritt, D., McLachlan, C. S., Clifton-Bligh, R., Morley, J., & Lal, S. (2021). Smart Devices and Wearable Technologies to Detect and Monitor Mental Health Conditions and Stress: A

22. Holmberg, T. T., Eriksen, T. L., Petersen, R., Frederiksen, N. N., Damgaard-Sørensen, U., & Lichtenstein, M. B. (2020). Social Anxiety Can Be Triggered by 360-Degree Videos in Virtual Reality: A Pilot Study Exploring Fear of Shopping. *Cyberpsychology, Behavior and Social Networking*, 23(7), 495–499. <https://doi.org/10.1089/cyber.2019.0295>
23. James, L. K., Lin, C.-Y., Steed, A., Swapp, D., & Slater, M. (2003). Social Anxiety in Virtual Environments: Results of a Pilot Study. *CyberPsychology & Behavior*, 6(3), 237–243. <https://doi.org/10.1089/109493103322011515>
24. Jung, C. G., Hull, R. F. C., & Jung, C. G. (with Bollingen Foundation Collection (Library of Congress)). (1980). *The archetypes and the collective unconscious* (2nd ed). Princeton University Press.
25. Kampmann, I. L., Emmelkamp, P. M. G., Hartanto, D., Brinkman, W.-P., Zijlstra, B. J. H., & Morina, N. (2016). Exposure to virtual social interactions in the treatment of social anxiety disorder: A randomized controlled trial. *Behaviour Research and Therapy*, 77, 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2015.12.016>
26. Kothgassner, O., Goreis, A., Glenk, L., Kafka, J., Beutl, L., Kryspin-Exner, I., Hlavacs, H., Palme, R., & Felnhofer, A. (2021). Virtual and real-life ostracism and its impact on a subsequent acute stressor. *PHYSIOLOGY & BEHAVIOR*, 228. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113205>
27. Krijn, M., Emmelkamp, P. M. G., Biemond, R., de Wilde de Ligny, C., Schuemie, M. J., & van der Mast, C. A. P. G. (2004). Treatment of acrophobia in virtual reality: The role of immersion and presence. *Behaviour Research and Therapy*, 42(2), 229–239. [https://doi.org/10.1016/S0005-7967\(03\)00139-6](https://doi.org/10.1016/S0005-7967(03)00139-6)
28. Lin, A. J., Cheng, F. (Frank), & Chen, C. B. (2020). Use of virtual reality games in people with depression and anxiety. *Proceedings of the 5th International Conference on Multimedia and Image Processing*, 169–174. <https://doi.org/10.1145/3381271.3381299>
29. Lupton, D. (2013). Quantifying the body: Monitoring and measuring health in the age of mHealth technologies. *Critical Public Health*, 23(4), 393–403. <https://doi.org/10.1080/09581596.2013.794931>
30. Maples-Keller, J. L., Bunnell, B. E., Kim, S.-J., & Rothbaum, B. O. (2017). The Use of Virtual Reality Technology in the Treatment of Anxiety and Other Psychiatric Disorders. *Harvard Review of Psychiatry*, 25(3), 103–113. <https://doi.org/10.1097/HRP.0000000000000138>
31. Navarro-Haro, M. V., Modrego-Alarcón, M., Hoffman, H. G., López-Montoyo, A., Navarro-Gil, M., Montero-Marin, J., García-Palacios, A., Borao, L., & García-Campayo, J. (2019). Evaluation of a Mindfulness-Based Intervention With and Without Virtual Reality Dialectical Behavior Therapy® Mindfulness Skills Training for the Treatment of Generalized Anxiety Disorder in Primary Care: A Pilot Study. *Frontiers in Psychology*, 10, 55. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00055>

32. Park, J. (2018). The effect of virtual avatar experience on body image discrepancy, body satisfaction and weight regulation intention. *CYBERPSYCHOLOGY-JOURNAL OF PSYCHOSOCIAL RESEARCH ON CYBERSPACE*, 12(1). <https://doi.org/10.5817/CP2018-1-3>
33. Peñate, W., Pitti, C. T., Bethencourt, J. M., de la Fuente, J., & Gracia, R. (2008). The effects of a treatment based on the use of virtual reality exposure and cognitive-behavioral therapy applied to patients with agoraphobia. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 8(1), 5–22.
34. Rizzo, A. "Skip", Koenig, S. T., & Talbot, T. "Brett". (2018). Clinical Virtual Reality: Emerging Opportunities for Psychiatry. *Focus*, 16(3), 266–278. <https://doi.org/10.1176/appi.focus.20180011>
35. Robillard, G., Bouchard, S., Dumoulin, S., Guitard, T., & Klinger, E. (2010). Using virtual humans to alleviate social anxiety: Preliminary report from a comparative outcome study. *Studies in Health Technology and Informatics*, 154, 57–60.
36. Rogers, C. R. (1995). *Way of being* (new edition). Houghton Mifflin.
37. Seabrook, E., Kelly, R., Foley, F., Theiler, S., Thomas, N., Wadley, G., & Nedeljkovic, M. (2020). Understanding How Virtual Reality Can Support Mindfulness Practice: Mixed Methods Study. *Journal of Medical Internet Research*, 22(3), e16106. <https://doi.org/10.2196/16106>
38. Sreenivas, S. (2024). What Is Virtual Reality Exposure Therapy? WebMD. <https://www.webmd.com/anxiety-panic/virtual-reality-exposure-therapy-overview>
39. Straker, N., Mostyn, P., & Marshall, C. (1976). The use of two-way TV in bringing mental health services to the inner city. *The American Journal of Psychiatry*, 133(10), 1202–1205. <https://doi.org/10.1176/ajp.133.10.1202>
40. Turkle, S. (2011). *Alone together: Why we expect more from technology and less from each other*. (pp. xvii, 360). Basic Books.
41. Vincelli, F., Anolli, L., Bouchard, S., Wiederhold, B. K., Zurloni, V., & Riva, G. (2003). Experiential Cognitive Therapy in the Treatment of Panic Disorders with Agoraphobia: A Controlled Study. *CyberPsychology & Behavior*, 6(3), 321–328. <https://doi.org/10.1089/109493103322011632>
42. Wallach, H. S., Safir, M. P., & Bar-Zvi, M. (2009). Virtual Reality Cognitive Behavior Therapy for Public Speaking Anxiety: A Randomized Clinical Trial. *Behavior Modification*, 33(3), 314–338. <https://doi.org/10.1177/0145445509331926>
43. World Health Organization. (2022, June 8). Mental disorders. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mental-disorders>

SÜNI İNTELLEKTİN İQLİM DƏYİŞMƏSİ İLƏ MÜBARİZƏDƏ ROLU

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537458>

Səbinə Mahmudova

sebinemahmudova73@gmail.com

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Rafiq Quliyev

ARETN Təbii Ehtiyatlar İnstitutu

XÜLASƏ

Bu məqalə, süni intellektin (SI) iqlim dəyişikliyi ilə mübarizədəki vacib rolunu araşdırır, tətbiqlərinə, potensialına və gələcək istiqamətlərinə diqqət yetirir. SI, iqlim araşdırmalarını geniş verilənlər bazasını analiz edərək, hava proqnozlarını yaxşılaşdırır və kənd təsərrüfatı məhsuldarlığını artırır. Enerji sektorunda SI, bərpa olunan resursların istifadəsini optimallaşdıraraq emissiyaların azaldılmasına kömək edir. Bundan əlavə, SI, iqlim dəyişikliyinə təsirlərinə uyğunlaşmada, şəhər infrastrukturunu optimallaşdırmaqda və fəlakətlərin idarə edilməsində də mühüm rol oynayır. Məqalə, SI – nin istifadəsinin etik və sosial aspektlərini, o cümlədən məlumatların məxfiliyini və iş qüvvəsinin adaptasiyasını vurğulayır. Planetin artan temperaturu, ekstremal hava şəraiti, ekosistemin degradasiyası və qida və su təhlükəsizliyinə təhdidlərlə artan iqlim problemləri ilə üzləşdiyi bir vaxtda texnoloji innovasiyalar iqlimə davamlılıq üçün getdikcə vacib hesab olunur. İnkişaf etməkdə olan alətlər arasında Süni İntellekt (SI) həm təsirin azaldılması, həm də uyğunlaşma strategiyalarında transformativ imkanlar təklif edir. Maşın öyrənməsi, dərin öyrənmə və digər süni intellekt üsullarından istifadə etməklə alimlər və siyasətçilər iqlim sistemlərini modelləşdirmək, bərpa olunan enerjini idarə etmək, ekosistemləri izləmək, kənd təsərrüfatını optimallaşdırmaq və təbii fəlakətlərə cavab vermək üçün güclü yeni alətlər əldə edirlər. Süni intellekt həm də sənaye və şəhərlərə resursdan istifadəni asanlaşdırmaqla və sistem səmərəsizliyini onlar yüksəlməzdən əvvəl proqnozlaşdırmaqla karbon izlərini azaltmağa kömək edə bilər. Bu məqalə süni intellektin müxtəlif iqlim sahələrində necə tətbiq olunduğunun hərtərəfli təhlilini təqdim edir. O, dünyanın hər yerindən real dünya nümunələrini vurğulayır, SI innovasiyasından ən çox faydalanan sektorları müəyyənləşdirir və texniki, etik və sosial problemləri tənqidi şəkildə araşdırır. Geniş ədəbiyyat icmalısı vasitəsilə biz məsuliyyətli dizayn, bərabər çıxış və beynəlxalq əməkdaşlığın vacibliyini vurğulayaraq, SI-nin iqlim həllərini idarə etmək potensialına dair elmi konsensusu araşdırırıq. Nəhayət, SI-nin iqlim fəaliyyətinə integrasiyası təkcə texnoloji tərəqqi deyil, həm də idarəetmə, ədalət və davamlılıq məsələsidir.

Açar sözlər: Süni İntellekt, İqlim Dəyişikliyi, İqlimi Modelləşdirmə, Bərpa olunan enerji, Ətraf Mühitin Davamlılığı, Ağıllı Şəbəkələr, Maşın Öyrənmə, Dəqiq Kənd Təsərrüfatı, Fəlakət Riskinin Azaldılması, Karbon Emissiyaları, İqlimə Uyğunlaşma, Siyasət İnnovasiyası

İqlim dəyişikliyi, müasir dövrün ən ciddi qlobal problemlərindən biridir. İnsan fəaliyyətinin nəticəsi olaraq yaranan emissiyalar, ətraf mühitin dəyişməsi, ekosistemlərin pozulması və insan sağlamlığına mənfi təsirlər yaratmaqdadır. İqlim dəyişikliyi, artan temperatur, dəniz səviyyəsinin yüksəlməsi, ekstremal hava hadisələrinin artması kimi faktlarla özünü göstərir. Bu çətinliklərin öhdəsindən gəlmək üçün innovativ yanaşmalara, o cümlədən süni intellekt (SI) texnologiyalarına ehtiyac vardır. Süni intellekt, böyük verilənlərin (big data) təhlilini, kompleks sistemlərin modelləşdirilməsini və proqnozlaşdırılmasını təmin edərək, iqlim dəyişikliyi ilə mübarizədə mühüm rol oynayır. Bu məqalədə, süni intellektin iqlim dəyişikliyi ilə mübarizədəki rolu, tətbiq sahələri, potensialı və gələcək istiqamətləri geniş şəkildə müzakirə olunacaq [1].

Süni intellekt, iqlim dəyişikliyi ilə bağlı məlumatların toplanması və analizi prosesində əhəmiyyətli bir rol oynayır. İqlim proqnozları, meteoroloji məlumatların toplanması və analizi yolu ilə həyata keçirilir. Məlumatların emalında süni intellekt sistemləri, müxtəlif mənbələrdən, məsələn, peyk görüntülərindən, hava stansiyalarından və atmosfer modellərindən toplanan böyük verilənləri işləyərək, daha dəqiq iqlim proqnozları təqdim edir. Süni intellekt, həmçinin iqlim dəyişikliyi ilə bağlı trendlərin proqnozlaşdırılması üçün istifadə olunur. Bu, tədqiqatçılara hava şəraitinin, temperaturların və yağış miqdarının dəyişikliklərini əvvəlcədən proqnozlaşdırmağa imkan verir. Belə sistemlər, fermerlərə düzgün vaxtda əkin və məhsul yığımını planlaşdırmaqda, su ehtiyatlarını daha səmərəli istifadə etməkdə kömək edir. Məsələn, ABŞ-da həyata keçirilən "IBM Weather Company" layihəsi, meteoroloji veriləri real vaxtda analiz edərək, fermerlərə öz məhsul planlarını optimallaşdırmaq üçün tövsiyələr təqdim edir [2].

Enerji istehsalı və istehlakı, iqlim dəyişikliyinə qarşısını almaq üçün kritik sahələrdir. Süni intellekt, enerji istehsalında və istehlakında səmərəliliyi artırmaq üçün müxtəlif yollarla tətbiq edilir. Məsələn, günəş və külək enerjisi istehsalında, SI sistemləri hava şəraiti proqnozlarını analiz edərək, enerji istehsalını optimallaşdırmağa kömək edir. Enerji istehsalında resursların effektiv istifadəsi, həmçinin emissiyaların azalmasına gətirib çıxarır. Enerji şəbəkələrinin idarə edilməsi üçün tətbiq olunan SI alqoritmləri, istehsalın və istehlakın balanslaşdırılmasında, eləcə də enerji itkilərinin azaldılmasında əhəmiyyətlidir. Enerji istehlakının proqnozlaşdırılması, istehsalın artırılması və ya azaldılması üçün vaxtında tədbirlər görməyə imkan tanıyır. Məsələn, "Google" və "DeepMind" şirkətləri, enerji istehsalını optimallaşdırmaq üçün SI istifadə edərək, data mərkəzlərinin enerji istehlakını 40% azaldıblar [1-2].

Süni intellekt, iqlim dəyişikliyi ilə mübarizənin yalnız bir hissəsi kimi deyil, həm də bu dəyişikliklərə uyğunlaşma strategiyalarında da istifadə olunur. SI, şəhər planlaşdırılmasında, infrastrukturun inkişafında və təbii fəlakətlərin idarə edilməsində

tətbiq edilir. Məsələn, şəhər mühitində suvarma sistemlərinin optimallaşdırılması, suyun sərfiyyatını azaltmaqla yanaşı, su ehtiyatlarının daha səmərəli istifadəsinə gətirib çıxarır. SI, eyni zamanda təbii fəlakətlərin proqnozlaşdırılması və onların təsirlərinin azaltılması sahəsində də mühüm rol oynayır. Təbii fəlakətlərin riskinin qiymətləndirilməsi, SI sistemləri vasitəsilə həyata keçirilir. Məsələn, ABŞ-da “FEMA” (Federal Emergency Management Agency) SI istifadə edərək, daşqın və digər təbii fəlakətlərin riskini qiymətləndirir və bu fəlakətlərin təsirlərini azaltmaq üçün tədbirlər planı hazırlayır [3].

Süni intellektin iqlim dəyişikliyi ilə mübarizədəki tətbiqləri bir neçə istiqamətdə genişlənir:

1. **Tədqiqat və İnnovasiya:** SI, yeni iqlim modellərinin yaradılmasında və mövcud modellərin təkmilləşdirilməsində kömək edir. Tədqiqatçılar, SI alqoritmlərini istifadə edərək, daha dəqiq proqnozlar verə bilirlər. Bu, iqlim dəyişikliyinə təsirlərini daha yaxşı anlamağa və onunla mübarizədə yeni strategiyalar inkişaf etdirməyə imkan tanıyır [4].
2. **Sosial Məlumatlandırma:** İqlim dəyişikliyi ilə mübarizə üçün cəmiyyətin məlumatlandırılması vacibdir. SI, sosial şəbəkələrdə və digər platformalarda məlumatların yayımlanmasında, əhəlinin iqlim dəyişikliyi mövzusunda anlayışını artırmağa kömək edir. Məlumatların təhlilini sürətləndirərək, SI, iqlim dəyişikliyi ilə bağlı daha çox insanın maarifləndirilməsinə şərait yaradır.
3. **Təhlükəsizlik və Risk İdarəçiliyi:** Süni intellekt, təbii fəlakətlərin proqnozlaşdırılması və risklərin idarə olunmasında da istifadə olunur. SI sistemləri, iqlim dəyişikliklərinin nəticələrinin proqnozlaşdırılmasında və onların qarşısını almaq üçün tədbirlərin görülməsində effektivdir. Məsələn, SI, meşə yanğınlarının, daşqınların və digər fəlakətlərin riskini qiymətləndirməkdə istifadə olunur [5].
4. **Sürdürülebilir Kənd Təsərrüfatı:** Kənd təsərrüfatında SI-nin tətbiqi, ekoloji cəhətdən davamlı praktikalara keçid etməyə kömək edir. Süni intellekt, bitki növlərinin seçimi, suvarma, gübrələmə və pest kontrolü üçün optimal strategiyalar inkişaf etdirir. Bu, resursların daha səmərəli istifadəsini və istehsalın artırılmasını təmin edir.
5. **Şəhər İdarəçiliyi:** SI, şəhər mühitində enerji istehlakını azaltmaq, nəqliyyatı optimallaşdırmaq və urbanizasiya proseslərini idarə etmək üçün tətbiq olunur. Ağıllı şəhər layihələri, SI texnologiyalarından istifadə edərək, enerji istehsalını, nəqliyyatı və digər xidmətləri daha səmərəli şəkildə idarə edir. Bu yanaşma, urbanizasiya proseslərinin müsbət istiqamətdə inkişafına kömək edir [2].

Süni intellektin iqlim dəyişikliyi ilə mübarizədəki istifadəsi ilə bağlı bəzi etik və sosial məsələlər də mövcuddur. Bu məsələlər arasında məlumatların məxfiliyi, sistemlərin ədalətli və bərabər şəkildə istifadəsi, insan hüquqlarının qorunması və iş yerlərinin itirilməsi kimi faktorlar vardır. SI sistemlərinin inkişafı və tətbiqi zamanı bu məsələlərə diqqət yetirmək vacibdir. Məlumatların toplanması və analizi prosesi, şəxsi məlumatların qorunması prinsiplərinə uyğun olmalıdır. Eyni zamanda, süni intellektin tətbiqi, yeni iş imkanlarının yaradılmasına da səbəb ola bilər. Yeni texnologiyaların tətbiqi, insanları daha müasir və səmərəli iş mühitlərinə yönləndirmək üçün imkanlar yaradır. SI-nin insanların yerinə yetirə biləcəyi işləri əvəz etməsi təhlükəsi də mövcuddur, buna görə də işçilərin yeni bacarıqlara yiyələnməsi və adaptasiya etməsi üçün təlim proqramları hazırlanmalıdır [2-3].

Süni intellekt sürətlə potensial sferasından iqlim dəyişikliyi ilə qlobal mübarizədə praktiki vasitələrin ön sırasına keçdi. Onun kütləvi, mürəkkəb verilənlər toplusunu emal etmək və onlardan öyrənmək qabiliyyəti ətraf mühitin daha dəqiq monitorinqinə, daha ağıllı infrastruktura və iqlim təhlükələrinə daha sürətli cavab verməyə imkan verir. Süni intellekt bərpa olunan enerji sistemlərini optimallaşdırmaq, sənaye emissiyalarını azaltmaq, iqlimə davamlı kənd təsərrüfatını dəstəkləmək və vaxtında müdaxilələrə rəhbərlik edən proqnozlaşdırıcı modelləri formalaşdırmaqla aşağı karbonlu iqtisadiyyatlara keçidi asanlaşdırır. Bununla belə, AI-nin vədi əhəmiyyətli problemlərsiz deyil. Geniş miqyaslı modellərin təlimi ilə əlaqəli enerji istehlakı, məlumatların qərəzli olması riskləri, AI texnologiyalarına qeyri-bərabər qlobal giriş və potensial etik tələlərin hamısı həll edilməli olan maneələrdir. Şəffaf idarəetmə, inklüziv məlumat mübadiləsi və süni intellekt faydalarının mövcud bərabərsizlikləri gücləndirməməsini təmin edən qaydalara, xüsusən də iqlim dəyişikliyindən qeyri-mütənasib şəkildə təsirlənən həssas bölgələrdə artan ehtiyac var. İrəliyə baxsaq, AI-nin iqlim fəaliyyətində rolu təkcə davamlı texnoloji tərəqqidən deyil, həm də beynəlxalq əməkdaşlıqdan, ortaq etik standartlardan və potensialın yaradılmasına investisiyalardan, xüsusən də Qlobal Cənubda asılı olacaq. Siyasətçilər, alimlər, texnoloqlar və vətəndaş cəmiyyəti süni intellektin məsuliyyətli və əhatəli şəkildə tətbiqini təmin etmək üçün birlikdə işləməlidir. Süni intellektni iqlim siyasətinin və praktikasının mərkəzinə daxil etməklə – eyni zamanda onun məhdudiyyətlərini həll etməklə – biz ətraf mühitə nəzarətin yeni dövrünü gücləndirə bilərik. Davamlılıq məqsədlərinə uyğunlaşdırıldıqda və etik qaydaları rəhbər tutduqda, AI sadəcə güclü bir vasitə deyil; sistemli dəyişiklik və daha möhkəm, ədalətli və davamlı gələcək üçün katalizatorudur.

Ədəbiyyat siyahısı:

1. Brescia, R., & Sgueo, G. (2021). Artificial Intelligence and Climate Change: Smart Governance for a Sustainable Future. Springer Briefs in Law

2. Chen, C., & Zhao, Y. (2021). Machine learning and climate change: A review of the literature. *Climate Policy*, 21(5), 585-596.
3. DeepMind. (2023). GraphCast: Machine Learning Weather Prediction
4. European Commission. (2023). Artificial Intelligence and the European Green Deal
5. Ge, J., & Kull, J. (2020). Artificial intelligence for climate change: Challenges and opportunities. *Journal of Environmental Management*, 260, 110154.
6. Google AI for Social Good. (n.d.). Retrieved from
7. IBM Green Horizon Project. (n.d.). IBM Research
8. Raji, I. D., & Buolamwini, J. (2019). Actionable audit: Investigating bias in AI models. *Proceedings of the 2019 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society*, 145-152.
9. Rolnick, D., Donti, P. L., Lamb, G., et al. (2019). Tackling climate change with machine learning. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 21(2), 1-14.
10. Rolnick, D., et al. (2019). Tackling Climate Change with Machine Learning. *arXiv:1906.05433*
11. UNESCO & ITU. (2022). AI and the Environment: Shaping a Sustainable Future
12. Vinuesa, R., et al. (2020). The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nature Communications*, 11, 233
13. WMO. (2020). The state of the global climate 2019. World Meteorological Organization.

SUMMARY

This article explores the important role of artificial intelligence (AI) in combating climate change, focusing on its applications, potential and future directions. AI improves weather forecasts and increases agricultural productivity by analyzing vast databases of climate research. In the energy sector, AI helps reduce emissions by optimizing the use of renewable resources. In addition, AI plays a significant role in adapting to the impacts of climate change, optimizing urban infrastructure and managing disasters. The article highlights the ethical and social aspects of the use of AI, including data privacy and workforce adaptation. As the planet faces increasing climate challenges with rising temperatures, extreme weather events, ecosystem degradation and threats to food and water security, technological innovation is increasingly considered essential for climate resilience. Among the emerging tools, AI offers transformative opportunities in both mitigation and adaptation strategies. Using machine learning, deep learning, and other AI techniques, scientists and policymakers are gaining powerful new tools to model climate systems, manage renewable energy, monitor ecosystems, optimize agriculture, and respond to natural disasters. AI can also help industries and cities reduce their carbon footprints by streamlining resource use and

predicting system inefficiencies before they arise. This article provides a comprehensive analysis of how AI is being applied in different climate domains. It highlights real-world examples from around the world, identifies the sectors that stand to benefit most from AI innovation, and critically examines the technical, ethical, and social challenges. Through an extensive literature review, we explore the scientific consensus on the potential of AI to drive climate solutions, emphasizing the importance of responsible design, equitable access, and international collaboration. Ultimately, integrating AI into climate action is not just a matter of technological progress, but also of governance, justice, and sustainability.

Keywords: *Artificial Intelligence, Climate Change, Climate Modeling, Renewable Energy, Environmental Sustainability, Smart Grids, Machine Learning, Precision Agriculture, Disaster Risk Reduction, Carbon Emissions, Climate Adaptation, Policy Innovation*

Краткое содержание

В этой статье рассматривается важная роль искусственного интеллекта (СИ) в борьбе с изменением климата, особое внимание уделяется его применению, потенциалу и будущим направлениям. СИ анализирует обширную базу данных климатических исследований, улучшая прогнозы погоды и повышая производительность сельского хозяйства. В энергетическом секторе помогает сократить выбросы за счет оптимизации использования возобновляемых ресурсов. Кроме того, СИ играет важную роль в адаптации к последствиям изменения климата, оптимизации городской инфраструктуры и управлении стихийными бедствиями. В статье рассматриваются этические и социальные аспекты использования СИ, включая конфиденциальность данных и адаптацию рабочей силы. Поскольку планета сталкивается с растущими климатическими проблемами, связанными с повышением температуры, экстремальными погодными явлениями, деградацией экосистем и угрозами продовольственной и водной безопасности, технологические инновации все чаще рассматриваются как необходимые условия для устойчивости к изменению климата. Среди новых инструментов искусственный интеллект (ИИ) предлагает возможности преобразований как в стратегиях смягчения последствий, так и в стратегиях адаптации. Используя машинное обучение, глубокое обучение и другие методы искусственного интеллекта, ученые и политики получают новые мощные инструменты для моделирования климатических систем, управления возобновляемыми источниками энергии, мониторинга экосистем, оптимизации сельского хозяйства и реагирования на стихийные бедствия. Искусственный интеллект также может помочь отраслям и городам сократить свой углеродный след за счет оптимизации использования ресурсов и прогнозирования неэффективности систем до их возникновения. В статье представлен комплексный анализ применения искусственного интеллекта в различных областях, связанных с климатом. В нем приводятся реальные примеры из разных уголков мира,

определяются секторы, которые получают наибольшую выгоду от инноваций в сфере СИ, а также критически рассматриваются технические, этические и социальные вопросы. С помощью обширного обзора литературы мы изучаем научный консенсус относительно потенциала СИ в разработке климатических решений, подчеркивая важность ответственного проектирования, равноправного доступа и международного сотрудничества. В конечном итоге интеграция СИ в борьбу с изменением климата — это не только вопрос технологического прогресса, но и вопрос управления, справедливости и устойчивости.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, изменение климата, моделирование климата, возобновляемые источники энергии, экологическая устойчивость, интеллектуальные сети, машинное обучение, точное земледелие, снижение риска стихийных бедствий, выбросы углерода, адаптация к изменению климата, политические инновации*

FİZİKADA SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537490>

Səbinə Mahmudova

sebinemahmudova73@gmail.com

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Nazilə Mahmudova

ARETN Təbii Ehtiyatlar İnstitutu

XÜLASƏ

Süni intellekt (SI) son illərdə fizika sahəsində inqilabi dəyişikliklərə səbəb olub. SI, geniş verilənlər dəstələrinin analizi, kompleks sistemlərin proqnozlaşdırılması və eksperimentlərin optimallaşdırılması üçün istifadə olunur. Bu texnologiyalar, tədqiqatçıların məlumatları daha sürətli və dəqiq şəkildə analiz etmələrini təmin edir, eksperimentlərin effektivliyini artırır və yeni kəşflərə yol açır. Fizikada SI-nin tətbiqi, astrofizikadan yüksək enerji fizikasına, materialların araşdırılmasından fundamental fizika araşdırmalarına qədər geniş bir sahəni əhatə edir. Süni intellekt, həmçinin yeni materialların kəşfində və inkişafında da mühüm rol oynayır, enerji effektivliyini artırır. Gələcəkdə SI-nin daha geniş tətbiqi, elmin inkişafını sürətləndirəcək və yeni innovasiyaların yaranmasına şərait yaradacaq. Nəticə etibarilə, süni intellekt, fizika tədqiqatlarının gələcəyini formalaşdıran əsas komponentdir və elmin inkişafında əhəmiyyətli rol oynamağa davam edəcək. Süni intellekt (SI) demək olar ki, bütün əsas alt sahələr üzrə həm eksperimental, həm də nəzəri yanaşmaları yenidən müəyyən edərək, fizikada elmi kəşflərin güclü köməkçisi kimi ortaya çıxdı. Kvant vəziyyətlərinin simulyasiyasından və kosmosun xəritələşdirilməsindən tutmuş hissəciklərin aşkarlanmasının optimallaşdırılmasına və yeni materialların kəşfinə qədər, süni intellekt tədqiqatları sürətləndirən, dəqiqliyi artıran və kütləvi verilənlər bazasında gizli nümunələri üzə çıxaran qabaqcıl alətlər təklif edir. Tez-tez qeyri-xətti dinamika, yüksək ölçülülük və natamam məlumat ilə xarakterizə olunan fizika problemləri maşın öyrənməsi (ML), dərin öyrənmə (DL), gücləndirici öyrənmə (RL) və simvolik regressiyadan istifadə etməklə getdikcə daha çox həll olunur. Fizikada süni intellekti digər sahələrdən fərqləndirən şey şərh oluna bilmə, dəqiqlik və fiziki inandırıcılıq üçün ciddi tələbdir. Fiziklər yalnız məlumatları təhlil etmək üçün süni intellektdən istifadə etmirlər, həm də idarəedici qanunları çıxarmaq, yeni fərziyyələr irəli sürmək və nüvə sintezi və kvant hesablamaları kimi mürəkkəb təcrübələrə nəzarət etmək üçün real vaxt rejimində adaptiv sistemlər hazırlamaq üçün istifadə edirlər. Bu yaxınlaşma insan intuisiyasının və verilənlərə əsaslanan intellektin birgə təkamül etdiyi yeni "SI ilə genişlənmiş elm" paradigmasının başlanğıcını qoydu. Üstəlik, açıq mənbəli verilənlər bazalarının,

global əməkdaşlıqların və süni intellektlə işləyən simulyasiyaların böyüməsi ən müasir tədqiqat alətlərinə çıxışı demokratikləşdirir və hətta kiçik tədqiqat qruplarına sərhəd kəşflərində iştirak etməyə imkan verir. Bu məqalə müasir fizikada SI-nin rolları, tətbiqləri və problemlərinin hərtərəfli nəzərdən keçirilməsini təqdim edir, onun transformativ təsiri və gələcək potensialı haqqında anlayışlar təqdim edir.

Açar sözlər: *Süni intellekt, Maşın öyrənmə, Dərin Öyrənmə, Kvant Mexanikası, Hissəciklər Fizikası, Kosmologiya, Astrofizika, Plazma Fizikası, Kondensasiya olunmuş Maddə Fizikası, Hesablama Fizikası, Sinir şəbəkələri, Gücləndirici Öyrənmə, Simvolik Reqressiya, Fizikadan məlumatlı SI*

Son onilliklərdə süni intellekt (SI) texnologiyalarının sürətli inkişafı, bir çox sahədə olduğu kimi, fizika elminə də yeni perspektivlər açmışdır. SI, geniş verilənlər dəstələrini analiz etmək, kompleks sistemlərin davranışını proqnozlaşdırmaq və eksperimentləri optimallaşdırmaq üçün geniş istifadə olunur. Fizika, özündə çoxsaylı mürəkkəb fenomenləri və hadisələri birləşdirən bir sahədir. Bu səbəbdən, SI – nin tətbiqi, fizika tədqiqatlarının səmərəliliyini artırmaq, nəticələrin dəqiqliyini yüksəltmək və yeni kəşflərə yol açmaq baxımından kritik əhəmiyyət kəsb edir. Fizikada SI – nin tətbiqi, yalnız eksperimentlərin və tədqiqatların sürətini artırmaqla kifayətlənmir. Eyni zamanda, yeni nəzəriyyələrin formalaşmasında, materialların tədqiqatında, fundamental fizikada yeni anlayışların inkişafında və müxtəlif fiziki sistemlərin simulyasiyasında da mühüm rol oynayır. Məsələn, kvant fizikası və astrofizika kimi sahələr, süni intellektin gücündən faydalanaraq daha dəqiq və geniş anlayışlar əldə edə bilər.

Süni intellekt, müxtəlif alqoritmlər və maşın öyrənməsi metodları vasitəsilə məlumatların təhlili və proqnozlaşdırılması üçün imkanlar təqdim edir. Bu, tədqiqatçıların daha çox məlumat əldə etmələrini və eksperimentlərin nəticələrini daha sürətli və dəqiq şəkildə analiz etmələrini təmin edir. Beləliklə, fizika sahəsində SI-nin tətbiqi, yalnız məlumatların toplanması deyil, həm də bu məlumatların mənalı nəticələrə çevrilməsi üçün zəruri olan alətlər təqdim edir. Fizika elminin sürətli inkişafı, SI-nin inteqrasiyası ilə daha da irəliləməkdədir. Tədqiqatçıların qarşısında yeni metodlar və yanaşmalar açılır, bu da onların fizika dünyasının daha dərinliklərinə enmələrini təmin edir. Bu məqalədə, süni intellektin fizika sahəsindəki müxtəlif tətbiqlərinə dair ətraflı şəkildə müzakirələr aparılacaq, SI-nin bu sahədəki imkanları və perspektivləri işıqlandırılacaq. Gələcək də süni intellektin fizika tədqiqatlarında daha geniş istifadəsi, elmin inkişafına, yeni texnologiyaların yaranmasına və insanlıq üçün yeni imkanların açılmasına yol açacaqdır. Bu prosesdə, fizika və süni intellektin birləşməsi, elmi tədqiqatların yeni bir dövrə girməsini simvollaşdırır [1-2].

Fizikada eksperimentlərin idarə edilməsi, nəticələrin dəqiqliyi və təcrübələrin effektivliyi baxımından kritik əhəmiyyət kəsb edir. Süni intellekt, eksperimentlərin planlaşdırılması və idarə edilməsi üçün bir vasitə olaraq istifadə olunur. Məsələn, yüksək enerji fizikasında, SI sistemləri, əvvəlki təcrübələrin nəticələrini analiz edərək, gələcək eksperimentlərin dizaynında kömək edə bilər. Machine learning alqoritmləri, eksperimentin ehtimal olunan nəticələrini proqnozlaşdıraraq, resursların daha səmərəli istifadə edilməsinə imkan tanıyır. Bu, xərcləri azaldır və daha çox məlumat əldə etməyə şərait yaradır. Süni intellektin tətbiqi, eksperimentlərin optimallaşdırılmasını da əhatə edir. Alqoritmlər, real vaxt rejimində məlumatları toplayaraq, təcrübə şərtlərini avtomatik olaraq tənzimləyə bilər. Beləliklə, tədqiqatçılar daha dəqiq nəticələr əldə edə bilərlər [2].

Fizikada meydana gələn hadisələrin analizi üçün toplanan məlumatlar çox böyük və mürəkkəb olur. Süni intellekt alqoritmləri, bu məlumatların təhlilini sürətləndirir və kompleks nümunaları aşkar etməyə kömək edir. Məsələn, astrofizikada süni intellekt, göy cisimlərinin müayinəsində istifadə edilərək, yeni ulduzlar, planetlər və qalaktikaların aşkarlanmasına imkan tanıyır. Deep learning modelləri, teleskoplardan toplanan şəkillərdəki səs – küyü aradan qaldıraraq, əsl obyektləri tanıya bilər. Bu, astronomların yeni kəşflər etmələrini asanlaşdırır. Bundan əlavə, SI sistemləri, böyük verilənlər analizi ilə fizika tədqiqatlarını birləşdirərək, hadisələrin daha geniş mənzərəsini təqdim edir. Məsələn, yüksək enerji fizikasında, çarpışma nəticələrinin analizi zamanı, yüz minlərlə hadisə arasından mühüm məlumatların seçilməsi üçün SI alqoritmləri istifadə olunur [3].

Süni intellekt, fiziki sistemlərin modelləşdirilməsi üçün də geniş istifadə olunur. Dərin öyrənmə modelləri, bir çox fiziki fenomeni daha dəqiq şəkildə simulyasiya etməyə imkan verir. Məsələn, atmosfer fizikası sahəsində hava proqnozlarının dəqiqliyi, SI sistemləri ilə artırıla bilər. Bu alqoritmlər, hava şəraitinin dinamikalarını analiz edərək, qısa və uzun müddətli proqnozların dəqiqliyini artırır. Həmçinin, iqlim dəyişiklikləri və hava hadisələrinin proqnozlaşdırılması üçün də istifadə olunur. Süni intellekt, müasir mühəndislik problemlərinin simulyasiyasında da tətbiq olunur. Məsələn, quruluşların və materialların davranışını simulyasiya edərək, daha güclü və səmərəli dizaynların hazırlanmasında kömək edə bilər [1].

Yeni materialların kəşfi, müasir fizikada önəmli bir sahədir. Süni intellekt, materialların atom səviyyəsindəki strukturlarını analiz edərək, onların xüsusiyyətlərini proqnozlaşdırma imkanı təqdim edir. Bu, nanomaterialların inkişafında və enerji materiallarının tədqiqatında mühüm əhəmiyyət kəsb edir. SI alqoritmləri, materialların fizikokimyəvi xüsusiyyətlərini proqnozlaşdıraraq, yeni, daha davamlı və effektiv materialların kəşfində kömək edir. Məsələn, solar hüceyrələrin və batareyaların istehsalında daha effektiv materialların müəyyən edilməsi üçün istifadə

olunur. Materialların xüsusiyyətlərini proqnozlaşdırmaq üçün SI, simulyasiyalardan əldə edilən məlumatları təhlil edərək, yeni materialların inkişafını sürətləndirir. Bu, xüsusilə enerji saxlama və çevirmə sistemlərinin inkişafında əhəmiyyətlidir [4].

Süni intellekt, fundamental fizika araşdırmalarında da əhəmiyyətli rol oynayır. Kvant fizikası və nizam – intizamın müasir nəzəriyyələri, yüksək dərəcədə mürəkkəbdir və onların simulyasiyası çətinliklərlə doludur. SI alqoritmləri, kvant sistemlərinin davranışını anlamaq və simulyasiya etmək üçün istifadə olunur. Quantum kompüterlər və yeni kvant materiallarının araşdırılması, süni intellektin potensialından faydalanır. SI sistemləri, kvant sistemlərinin optimallaşdırılması və daha effektiv kvant alqoritmlərinin inkişafında kömək edə bilər. Məsələn, kvant bitlərinin interaksiyalarını proqnozlaşdırmaq üçün süni intellekt istifadə olunur ki, bu da kvant texnologiyalarının inkişafını sürətləndirir. Eyni zamanda, SI, fundamental fizikadakı yeni nəzəriyyələrin formalaşdırılmasında da rol oynayır. Məlumatların təhlili və model simulyasiyaları, yeni fizik qanunlarını aşkar etmək üçün istifadə olunur [5].

Süni intellektin fizikaya integrasiyası elmi tədqiqatların necə aparıldığı, şərh edilməsi və sürətləndirilməsində köklü dəyişikliyi təmsil edir. Artıq məlumatların sonrakı emalı və ya gündəlik tapşırıqların avtomatlaşdırılması ilə məhdudlaşmır, AI elmi prosesin özündə aktiv agentə çevrilmişdir. Ekzoplanetlərin kəşfinə kömək etməkdən kvant vəziyyətlərinin yenidən qurulmasına və nüvə birləşməsində plazmaların davranışının modelləşdirilməsinə qədər süni intellekt mürəkkəbliyi, miqyaslılığı və qeyri – müəyyənliyi ənənəvi metodların edə bilmədiyi üsullarla idarə etmək qabiliyyətini sübut etdi. Bununla belə, bu təkamül həm də fizikanın qnoseoloji əsaslarının yenidən qiymətləndirilməsini tələb edir. Qeyri – şəffaf süni intellekt modellərinə etibar, şərh edilə bilənlik və elmi izahatın təbiəti ilə bağlı kritik suallar doğurur. Süni intellekt tərəfindən yaradılan modelləri həqiqətən “anlayışlı” hesab etmək olarmı? Qara qutu sistemindən çıxanda “qanun” nədən ibarətdir? Süni intellekt sistemləri tənliklər çıxarmaq və nəzəriyyələr irəli sürmək qabiliyyətini artırdıqca, insan fizikinin rolu da təkmilləşir – eksklüziv tədqiqatçıdan əməkdaşlıq edən tərcüməçiyə və maşınla kəşfiyyatın etik idarəçiliyinə qədər. Sosial, təhsil və siyasət ölçüləri də eyni dərəcədə vacibdir. Süni intellekt alətlərinə bərabər çıxışın təmin edilməsi, fənlərarası təhsilin təşviq edilməsi və şəffaf, təkrarlana bilən çərçivələrin qurulması bu sahənin davamlı və etik inkişafı üçün vacibdir. “Fizikadan məlumatlı maşın öyrənməsi” nin yaranması və fiziki qanunların neyron şəbəkələrə integrasiyası süni intellektin təkcə insan düşüncələrini təqlid etmədiyi, həm də fiziki cəhətdən əsaslandırılmış və elmi şərh edilə bilən bir gələcəyə işarə edir. Nəticə olaraq, süni intellektin fizikada tətbiqi keçən tendensiya deyil, əsaslı çevrilmədir. Həm məlumatların, həm də insan marağının gücünü artıraraq, süni intellekt kainatı anlamaq axtarışımızda yeni sərhədlər açır. Fizikada yeni nəsil nailiyyətlər təkcə ənənəvi

tənliklərdən deyil, alqoritmlər və təxəyyül arasındakı əməkdaşlıq nəticəsində yarana bilər.

Ədəbiyyat siyahısı:

1. Brehmer, J., et al. (2020). Mining gold from implicit models to improve likelihood-free inference. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(10), 5242–5249.
2. Carleo, G., & Troyer, M. (2017). Solving the Quantum Many-Body Problem with Artificial Neural Networks. *Science*, 355(6325), 602-606.
3. Carleo, G., et al. (2019). Machine learning and the physical sciences. *Reviews of Modern Physics*, 91(4), 045002.
4. Cranmer, M., et al. (2020). Discovering symbolic models from deep learning with inductive biases. *Nature Communications*, 11, 1–10.
5. D'Amico, S., & Gatteschi, D. (2021). Artificial Intelligence in Physics: Applications and Opportunities. *Physics Reports*, 874, 1-20
6. DeepMind Blog. (2023). Plasma control with deep reinforcement learning.
7. Gubser, S. S., & Remmen, J. (2020). Machine Learning for the Quantum Realm. *Physics Today*, 73(9), 34-40.
8. Hinton, G. E., & Salakhutdinov, R. R. (2006). Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks. *Science*, 313(5786), 504-507.
9. Iten, R., et al. (2020). Discovering physical concepts with neural networks. *Physical Review Letters*, 124, 010508.
10. Mehta, P., et al. (2019). A high-bias, low-variance introduction to Machine Learning for physicists. *Physics Reports*, 810, 1–124.
11. Radovic, A., et al. (2018). Machine learning at the energy and intensity frontiers of particle physics. *Nature*, 560, 41–48.
12. Von Rueden, L., et al. (2021). Informed Machine Learning – A Taxonomy and Survey of Integrating Knowledge into Learning Systems. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*.
13. Zhang, Y., & Wang, Y. (2020). Machine Learning for Particle Physics: A Review. *Annual Review of Nuclear and Particle Science*, 70, 191-218.

SUMMARY

Artificial intelligence (AI) has revolutionized the field of physics in recent years. AI is used to analyze large datasets, predict complex systems, and optimize experiments. These technologies

enable researchers to analyze data more quickly and accurately, increase the efficiency of experiments, and pave the way for new discoveries. The application of AI in physics covers a wide range of fields, from astrophysics to high-energy physics, from materials research to fundamental physics research. AI also plays an important role in the discovery and development of new materials, increasing energy efficiency. In the future, the wider application of AI will accelerate the development of science and create conditions for the emergence of new innovations. As a result, AI is a key component shaping the future of physics research and will continue to play a significant role in the development of science. AI has emerged as a powerful assistant to scientific discoveries in physics, redefining both experimental and theoretical approaches in almost all major subfields. From simulating quantum states and mapping the cosmos to optimizing particle detection and discovering new materials, artificial intelligence offers cutting-edge tools that accelerate research, increase accuracy, and uncover hidden patterns in massive datasets. Physics problems, often characterized by nonlinear dynamics, high dimensionality, and incomplete information, are increasingly being solved using machine learning (ML), deep learning (DL), reinforcement learning (RL), and symbolic regression. What sets AI in physics apart from other fields is the strong demand for interpretability, accuracy, and physical plausibility. Physicists not only use AI to analyze data, but also to develop real-time adaptive systems to derive governing laws, make new hypotheses, and control complex experiments such as nuclear fusion and quantum computing. This convergence has ushered in a new paradigm of “science augmented by AI,” in which human intuition and data-driven intelligence co-evolve. Moreover, the growth of open-source databases, global collaborations, and AI-powered simulations is democratizing access to cutting-edge research tools and enabling even small research groups to participate in frontier discoveries. This article presents a comprehensive review of the roles, applications, and challenges of AI in modern physics, providing insights into its transformative impact and future potential.

Keywords: Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning, Quantum Mechanics, Particle Physics, Cosmology, Astrophysics, Plasma Physics, Condensed Matter Physics, Computational Physics, Neural Networks, Reinforcement Learning, Symbolic Regression, Physics-Informed AI

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Искусственный интеллект (СИ) за последние годы привел к революционным изменениям в области физики. СИ используется для анализа больших наборов данных, прогнозирования сложных систем и оптимизации экспериментов. Эти технологии позволяют исследователям анализировать данные быстрее и точнее, повышая эффективность экспериментов и открывая путь к новым открытиям. Применение СИ в физике охватывает широкий спектр областей: от астрофизики до физики высоких энергий, от материаловедения до фундаментальных физических исследований. Искусственный интеллект также играет важную роль в открытии и разработке новых материалов,

повышая энергоэффективность. В будущем более широкое применение СИ ускорит развитие науки и создаст условия для появления новых инноваций. В конечном итоге искусственный интеллект является ключевым компонентом, определяющим будущее физических исследований, и будет продолжать играть важную роль в развитии науки. Искусственный интеллект (ИИ) стал мощным средством научных открытий в области физики, изменив как экспериментальные, так и теоретические подходы практически во всех основных областях науки. От моделирования квантовых состояний и картирования космоса до оптимизации обнаружения частиц и открытия новых материалов — искусственный интеллект предлагает передовые инструменты, которые ускоряют исследования, повышают точность и раскрывают скрытые закономерности в огромных наборах данных. Физические задачи, часто характеризующиеся нелинейной динамикой, высокой размерностью и неполной информацией, все чаще решаются с использованием машинного обучения (МО), глубокого обучения (ГО), обучения с подкреплением (ООП) и символической регрессии. Отличие искусственного интеллекта в физике от других областей — это строгие требования к интерпретируемости, точности и физической правдоподобности. Физики используют искусственный интеллект не только для анализа данных, но и для разработки адаптивных систем в реальном времени, позволяющих выводить основные законы, предлагать новые гипотезы и управлять сложными экспериментами, такими как ядерный синтез и квантовые вычисления. Эта конвергенция положила начало новой парадигме «науки, дополненной искусственным интеллектом», в которой человеческая интуиция и интеллект, основанный на данных, развиваются одновременно. Более того, рост баз данных с открытым исходным кодом, глобального сотрудничества и моделирования на основе искусственного интеллекта демократизирует доступ к передовым исследовательским инструментам и позволяет даже небольшим исследовательским группам участвовать в передовых открытиях. В статье представлен всесторонний обзор ролей, применений и проблем СИ в современной физике, дающий представление о ее преобразующем влиянии и будущем потенциале.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, глубокое обучение, квантовая механика, физика элементарных частиц, космология, астрофизика, физика плазмы, физика конденсированного состояния, вычислительная физика, нейронные сети, обучение с подкреплением, символическая регрессия, СИ, основанный на физике

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES ON STRENGTHENING STUDENTS' SCIENTIFIC AND RESEARCH POTENTIAL

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537504>

PhD.Sabina Rustamova

sabina.rustemova.87@inbox.ru

ORCID 0000-0002-5392-4384

Azerbaijan University of Languages

ABSTRACT

The rapid advancement of Artificial Intelligence (AI) technologies has revolutionized various sectors, including education and research. This paper explores the impact of AI on enhancing students' scientific and research potential, focusing on its ability to streamline research processes, improve analytical capabilities, and foster critical thinking. AI technologies, such as machine learning, natural language processing, and data visualization tools, provide students with access to vast amounts of information, enabling them to conduct more efficient and thorough literature reviews. Furthermore, AI's data analysis and simulation capabilities allow students to apply complex algorithms and statistical methods without the need for specialized expertise. These tools not only enhance the quality of students' research but also help them improve their writing, citation, and collaboration skills through AI-powered writing assistants and research management platforms. While AI offers numerous benefits in strengthening students' research potential, it also presents challenges such as over-reliance on automated systems, data privacy concerns, and the ethical implications of AI-generated research. This paper highlights the balance that must be struck between leveraging AI for enhanced academic performance and maintaining the development of independent research and critical thinking skills. Ultimately, AI technologies represent a powerful tool in advancing scientific research capabilities among students, provided that they are used responsibly and ethically.

Key words. *Artificial intelligence (ai), research skills, scientific potential, higher education*

Introduction. In recent years, the world has witnessed a transformative shift in technology, with Artificial Intelligence (AI) emerging as one of the most influential forces shaping modern society. From healthcare and finance to education and scientific research, AI has begun to redefine how individuals interact with information, make decisions, and solve complex problems (Brynjolfsson & McAfee, 2014, p.15.). Within the context of education, particularly higher education, AI technologies have shown immense potential to support and enhance students' learning and research experiences (Woolf, 2010, p. 47).

As universities and academic institutions strive to equip students with 21st-century skills, the integration of AI into research processes has become a growing focus. Students today

are expected not only to consume knowledge but to actively generate it through scientific inquiry, critical thinking, and innovation (Saavedra & Opfer, 2012, p. 11). AI tools—ranging from machine learning algorithms and natural language processing engines to intelligent research assistants—are increasingly being used to support literature reviews, analyze data, assist with academic writing, and facilitate collaboration (Huang et al., 2020, p. 2). These tools are enabling students to engage in research processes in more dynamic, interactive, and efficient ways, making complex data analysis and information synthesis more accessible (Binns et al., 2021, p. 55).

Despite its many advantages, the integration of AI in academic settings raises important questions about dependency, data ethics, and the preservation of students' independent analytical capabilities. Educators and researchers must ensure that AI serves as a tool for empowerment rather than replacement, helping students build strong research skills while upholding academic integrity (Mingers & Walsham, 2010, p. 178). AI systems should be designed to support human creativity and intellectual rigor, rather than substituting for the cognitive efforts required in conducting meaningful research (Johnson et al., 2020, p. 160).

This paper aims to explore the multifaceted impact of artificial intelligence (AI) technologies on strengthening students' scientific and research potential within the context of modern higher education. As AI continues to evolve and integrate into various aspects of academic life, it has become a pivotal tool in transforming how students approach scientific inquiry, data analysis, and knowledge creation. This study delves into the ways AI is reshaping traditional research practices—ranging from literature review automation and advanced data processing to AI-assisted writing and collaborative project management.

In examining the integration of AI into the academic research process, this paper highlights both the significant benefits and the emerging challenges associated with its widespread use. On the one hand, AI offers opportunities to enhance research efficiency, improve the accuracy of analysis, personalize learning experiences, and foster innovation through access to powerful computational tools. On the other hand, it raises important concerns regarding ethical usage, academic integrity, over-reliance on automation, and the potential loss of essential cognitive skills such as critical thinking and independent reasoning.

Recognizing these dual dimensions, the paper underscores the importance of implementing AI technologies in a responsible and ethically informed manner. It advocates for educational frameworks that encourage students to use AI as a complementary aid rather than a substitute for intellectual effort. Through balanced and guided use, AI has the potential to empower a new generation of researchers—individuals who are not only technologically adept but also critically minded, ethically conscious, and capable of making meaningful contributions to scientific advancement.

Methodology. This study adopts a qualitative research approach to examine the impact of Artificial Intelligence (AI) technologies on enhancing students' scientific and research potential. The methodology is structured around a comprehensive review of existing academic literature, policy reports, and case studies related to AI in higher education and research environments.

A descriptive and exploratory research design was employed to gather, interpret, and analyze data regarding the application of AI in academic research. This design is appropriate given the evolving nature of AI technologies and the need to understand their implications from multiple perspectives, including pedagogical, ethical, and technological dimensions.

Data was primarily collected through a systematic literature review of scholarly articles, books, and working papers published between 2010 and 2024. Sources were selected from reputable academic databases including Google Scholar, Scopus, IEEE Xplore, SpringerLink, and OECD iLibrary. Key search terms included: "AI in education," "AI in academic research," "intelligent research assistants," "AI and critical thinking," and "academic integrity and AI."

Applications of AI in research tasks such as literature review, data analysis, and academic writing;

Tools and platforms supporting student research through AI;

Challenges posed by AI, including ethical, cognitive, and data-related concerns.

Only peer-reviewed publications, working papers from recognized institutions (e.g., OECD), and books by established scholars were included. Grey literature and opinion pieces without academic backing were excluded to maintain the credibility of the data sources.

Thematic analysis was used to identify recurring patterns and insights across the reviewed literature. The findings were organized under key themes:

- ✓ Benefits of AI in student research;
- ✓ Challenges and limitations;
- ✓ Ethical considerations;
- ✓ Best practices for responsible implementation.

This analytical framework allowed for a balanced evaluation of AI's potential and its implications on students' development as independent researchers.

Results and Discussion. The analysis of the reviewed literature reveals that Artificial Intelligence (AI) technologies play a significant role in enhancing students' scientific and research potential across various academic disciplines. Several recurring themes emerged from the research: the functional benefits of AI tools, their influence on student learning and research practices, and the associated ethical and pedagogical concerns.

1. Functional Benefits of AI in Student Research

AI technologies, including natural language processing (NLP), machine learning, and intelligent writing assistants, offer significant functional benefits throughout various stages of the research process. These tools have revolutionized traditional research methods, making the entire workflow more efficient and effective. For instance, AI-powered databases and search engines can significantly speed up the literature review process by categorizing vast amounts of academic content, automatically summarizing key points, and suggesting relevant sources based on the student's research focus (Huang et al., 2020, p. 2). This automated assistance reduces the time and effort traditionally spent searching for and reviewing literature, allowing students to concentrate on higher-level analysis and synthesis of the information. Similarly, AI-based data analysis platforms provide students with advanced statistical techniques and computational tools that were once reserved for experts. With these platforms, students can conduct complex data analysis, such as regression modeling, clustering, or predictive analytics, without requiring deep technical knowledge. This democratization of data analysis enables students to enhance the accuracy and depth of their research findings, while also providing them with the opportunity to learn new skills in data handling and interpretation (Woolf, 2010, p. 47).

Furthermore, AI-driven writing assistants play a crucial role in improving students' academic writing by offering grammar correction, citation generation, and structural feedback. These tools not only help students avoid common writing errors but also encourage them to follow academic standards for citation and reference formatting, thus ensuring the integrity and professionalism of their work. By automating the more mechanical aspects of writing, AI tools allow students to devote more time and energy to the content and critical aspects of their research. This shift enables students to engage in deeper analysis, refine their arguments, and enhance the overall quality of their scientific communication.

2. Influence on Student Learning and Research Practices

The integration of AI into educational settings fosters more personalized and self-directed learning. AI-driven platforms adapt to students' learning needs, offering customized feedback and scaffolding during research tasks. This supports the development of critical thinking and problem-solving skills by encouraging students to explore data-driven insights and make informed decisions (Binns et al., 2021, p. 55).

Furthermore, collaboration among students has been enhanced through AI-powered research management platforms that facilitate shared document editing, idea tracking, and project organization. As a result, AI is reshaping the traditional research workflow and promoting more interactive and interdisciplinary academic practices.

3. Challenges and Ethical Considerations

Despite its benefits, the increasing reliance on AI tools in research raises concerns about academic integrity and student dependency. Over-reliance on automated systems may weaken students' ability to engage in deep, independent analysis and critical

thinking (Mingers & Walsham, 2010, p. 178). There is also a risk that students may use AI-generated content without fully understanding it, leading to surface-level learning.

Ethical issues such as data privacy, algorithmic bias, and transparency of AI systems must be addressed to ensure responsible usage. Educators must play a key role in guiding students on how to use AI tools ethically and critically, fostering an environment where technology complements human cognition rather than replacing it (Johnson et al., 2020, p. 160).

Conclusion. The integration of Artificial Intelligence (AI) into academic research has opened new pathways for enhancing students' scientific potential and research capabilities. As demonstrated throughout this paper, AI tools significantly improve the efficiency and depth of student-led research by streamlining literature reviews, simplifying data analysis, and supporting academic writing. These technologies also encourage the development of critical thinking, collaboration, and independent inquiry—skills that are essential for success in the 21st-century knowledge economy.

However, the benefits of AI must be balanced with caution. Over-dependence on automated systems risks undermining students' intellectual development and weakening their ability to engage in critical and reflective thinking. Ethical considerations, including data privacy, algorithmic bias, and academic honesty, must remain at the forefront of AI implementation in educational contexts.

To maximize the positive impact of AI on student research, institutions must adopt responsible integration strategies. Educators should provide guidance on using AI tools not as substitutes for cognitive effort, but as companions in the learning journey. By promoting ethical usage and nurturing independent research skills, AI can be a powerful ally in shaping a new generation of innovative, thoughtful, and capable researchers.

In sum, AI offers transformative potential in higher education, but its effectiveness ultimately depends on how it is used. With thoughtful application and ethical oversight, AI can serve as a catalyst for academic excellence and lifelong learning.

References.

1. Binns, A., Dando, R., & Watson, L. (2021). "AI in Research: Enhancing the Student Experience." *Journal of Educational Technology & Society*, 24(4), 52-61.
2. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W. W. Norton & Company. p.86.
3. Huang, L., Hwang, G. J., & Lin, Y. T. (2020). "Application of AI in Higher Education: A Review." *Computers & Education*, 149, 103818.
https://openresearch.amsterdam/image/2021/8/11/artificial_intelligence_in_education_a_review.pdf

4. Johnson, R., Smith, C., & Collett, L. (2020). "AI and Academic Integrity: The Role of AI Tools in Research and Writing." *Journal of Educational Research and Technology*, 12(3), 157-165.
5. Mingers, J., & Walsham, G. (2010). "Towards Ethical Information Systems: A Critical Review of the Role of AI." *Information Systems Journal*, 20(3), p. 171-187..
6. Saavedra, A. R., & Opfer, D. (2012). "Learning 21st-Century Skills: The Role of Education in Preparing for the Future." *OECD Education Working Papers*, No. 87, OECD Publishing. p. 1-38.
7. Woolf, B. P. (2010). *Building Intelligent Interactive Tutors: Student-Centered Strategies for Revolutionizing E-Learning*. Elsevier. p. 480

SÜNİ İNTELLEKT TEKNOLOGİYALARININ TƏLƏBƏLƏRİN ELMI VƏ TƏDQIQAT POTENSİALININ GÜCLƏNDİRİLMƏSİNƏ TƏSİRİ

XÜLASƏ

Süni İntellekt (Sİ) texnologiyalarının sürətli inkişafı təhsil və tədqiqat da daxil olmaqla bir sıra sahələrdə inqilabi dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Bu məqalədə Sİ-nin tələbələrin elmi və tədqiqat potensialının gücləndirilməsinə təsiri araşdırılır. Xüsusilə onun tədqiqat proseslərini sadələşdirmək, analitik qabiliyyətləri artırmaq və tənqidi düşüncəni formalaşdırmaq imkanları ön plana çəkilir. Sİ texnologiyaları tələbələrə geniş informasiya mənbələrinə çıxış imkanı verir və onların ədəbiyyat icmallarını daha effektiv və dərinlən aparmasına şərait yaradır. Əlavə olaraq, Sİ-nin məlumatların təhlili və simulyasiya imkanları tələbələrin ixtisaslaşmış biliklərə ehtiyac duymadan mürəkkəb alqoritmlər və statistik metodlar tətbiq etməsinə imkan tanıyır. Bu alətlər yalnız tədqiqat işlərinin keyfiyyətini artırmaqla kifayətlənmir, eyni zamanda süni intellektlə işləyən yazı köməkçiləri və tədqiqat idarəetmə platformaları vasitəsilə tələbələrin yazı, istinad və əməkdaşlıq bacarıqlarının inkişafına da dəstək olur. Bununla yanaşı, Sİ tələbələrin tədqiqat potensialının gücləndirilməsində bir sıra üstünlüklər təklif etsə də, avtomatlaşdırılmış sistemlərdən həddindən artıq asılılıq, məlumatların məxfiliyi və Sİ tərəfindən yaradılmış tədqiqatların etik aspektləri kimi çağırışlar da mövcuddur. Bu məqalədə Sİ-dən akademik performansın artırılması üçün istifadə ilə, müstəqil tədqiqat aparmaq və tənqidi düşünmək bacarıqlarının qorunması arasında balansın vacibliyi vurğulanır. Nəticə etibarilə, süni intellekt texnologiyaları məsuliyyətli və etik şəkildə istifadə olunsa tələbələrin elmi-tədqiqat potensialının inkişafı üçün güclü bir vasitə rolunu oynaya bilər.

Açar sözlər. *Süni intellekt (si), tədqiqat bacarıqları, elmi potensial, ali təhsil*

АБСТРАКТ.

Быстрое развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) произвело революцию в различных отраслях, включая образование и научные исследования. В данной статье рассматривается влияние ИИ на усиление научного и исследовательского потенциала студентов, с акцентом на его способность оптимизировать исследовательские процессы, улучшать аналитические способности и развивать критическое мышление. Технологии ИИ, такие как машинное обучение, обработка естественного языка и инструменты визуализации данных, предоставляют студентам доступ к огромному объему информации, позволяя им более эффективно и глубоко проводить обзор литературы. Кроме того, возможности ИИ в анализе данных и моделировании позволяют студентам применять сложные алгоритмы и статистические методы без необходимости в специализированных знаниях. Эти инструменты не только повышают качество исследовательских работ студентов, но и способствуют улучшению их навыков академического письма, цитирования и совместной работы с помощью интеллектуальных помощников и платформ для управления исследованиями. Несмотря на многочисленные преимущества ИИ в укреплении исследовательского потенциала студентов, существуют и определенные вызовы, такие как чрезмерная зависимость от автоматизированных систем, проблемы конфиденциальности данных и этические аспекты исследований, созданных с помощью ИИ. В статье подчеркивается необходимость нахождения баланса между использованием ИИ для повышения академической успеваемости и сохранением развития самостоятельного исследования и критического мышления. В конечном итоге, технологии ИИ представляют собой мощный инструмент для расширения научных возможностей студентов, при условии их ответственного и этичного использования.

Ключевые слова. Искусственный интеллект (ИИ), навыки исследовательской деятельности, научный потенциал, высшее образование

THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN TEACHER TRAINING WITHIN THE CONTEXT OF THE ACMEOLOGICAL APPROACH

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537522>

PhD.Shafiqah Tahirova

shafiqataxirova@gmail.com

Orcid id: 0000-0001-7191-8423

Azerbaijan University of Languages

ABSTRACT

The article discusses the application possibilities of artificial intelligence (AI) technologies in improving the quality of teacher training within the context of the acmeological approach.

In the modern era, the spectrum of artificial intelligence technologies is extremely broad. In recent years, the use of AI technologies to enhance the quality of teacher training has gained significant relevance.

The purpose of the article is to explore the application potential of artificial intelligence technologies in improving the quality of teacher training from the perspective of the acmeological approach, to propose relevant suggestions, and to provide preliminary recommendations for the integration of acmeological methods and AI technologies into the teaching process.

The methodological basis of the research consists of activity-based and hermeneutic approaches. As part of the hermeneutic methodology, the works of scholars who have conducted research in this field were reviewed and analyzed.

The hermeneutic approach outlines the theoretical foundations of using AI technologies to improve the quality of teacher training.

The article offers approximate recommendations for the effective integration of AI technologies into the educational process to enhance the quality of teacher training. It emphasizes that the use of AI technologies can significantly improve the quality of teacher preparation, support more individualized and differentiated instruction, and contribute to the development of critical, creative, and innovative thinking among students who choose teaching as a future profession.

Moreover, the article examines the use of AI in teacher training from various perspectives and highlights the potential of applying the acmeological approach to enhance the quality of future teacher education through AI technologies.

The aim of the study is not only to investigate the ways of applying the acmeological approach by leveraging AI technologies to improve the quality of future teacher training, but also to provide recommendations and solutions for the effective use of these technologies in the future.

Key words: *acmeological approach, artificial intelligence technologies, application of artificial intelligence, professional activity, quality of education*

Introduction. It is well known that humanity has entered the era of the fourth technological revolution, and during this period, rapidly increasing information has become the main source that defines and directs our way of life. Naturally, in this abundance of information, the potential of artificial intelligence (AI) is even broader. Today, AI is widely used in many spheres of our social life, including medicine and healthcare, politics, industry, education, and more. One of the fields where AI can serve as a foundation for improving and advancing learning experiences is education—especially in the context of enhancing the quality of future teacher training.

In the preparation of future teachers, AI can personalize learning opportunities by adapting to each student's educational needs and interests. Moreover, AI can assist in applying new teaching methods and techniques, analyzing and evaluating student knowledge, creating, administering, and grading tests, as well as automating assignments.

The application of AI in both our daily lives and the education system is becoming increasingly global. With the constant flow of information and rapid technological changes, the role and demand for AI in modern society are continuously growing.

The use of artificial intelligence technologies in teacher training within the context of the acmeological approach enhances students' learning capabilities, encourages openness to innovation, increases their potential to create new solutions, and develops their ability to work with new acmeological methods in the learning process. As stated by A.A. Derkach and V.G. Zazykin:

“Acmeological methods are complex, activity-based tools aimed at individual development, enabling students to effectively solve personal and professional development problems up to the level of professional competence.” (A.A. Derkach, V.G. Zazykin, p. 43)

Thus, the integration of AI into various aspects of life, including education, becomes a necessity to adapt to a rapidly changing world and to solve emerging problems effectively through collaboration.

The application of artificial intelligence technologies within the framework of an acmeological approach in teacher training is both comprehensive and far-reaching. From this perspective, AI can support the processes of knowledge construction, development, and improvement in teacher education. For example, AI can assist in creating acmeological models, personalizing the teaching process,

analyzing individual learning paths and knowledge structures, optimizing teaching and learning methods, and evaluating acquired knowledge.

Overall, AI technologies support the key methods, techniques, and principles of the acmeological approach in improving the quality of future teacher training. They help structure, develop, and individualize knowledge across different stages of the lesson, simplify teachers' work, facilitate the delivery of interactive and engaging lessons, and enhance the application of diagnostics and monitoring in the educational process. Furthermore, AI helps in identifying students' research skills and needs, building effective student support and Q&A systems, and applying appropriate and efficient principles, methods, and techniques during teaching—thus ensuring progress and achieving successful outcomes in a more efficient and academic manner. Through this process, students acquire the knowledge and skills necessary for their future careers as teachers.

Pedagogue M. Ilyasov classifies these essential knowledge and skills as follows:

- Deep understanding of one's specialization and the ability to teach it;

- Confidence in knowledge and the ability to convey it to students;

- Pedagogical talent and imagination;

- Awareness of the state's educational policies and the serious responsibility placed on teachers;

- Understanding the age and individual characteristics of children, as well as the fundamentals of developmental and educational psychology;

- Mastery of modern pedagogical technologies and the nature and fundamentals of education, teaching, and upbringing theories. (Ilyasov M., p. 78)

The use of artificial intelligence in the teaching process can be particularly effective. With the help of AI, teachers can make lessons more interactive and engaging and better respond to students' professional learning needs. Currently, there is an “encounter between acmeological and pedagogical sciences supported by technology.” (Pedagogical Acmeology, p. 29)

AI technologies can ease the workload of teachers and allow them to redirect the time saved toward addressing students' other needs.

Methodology. The Methodology of Applying Artificial Intelligence Technologies in Teacher Training within the Context of the Acmeological Approach.

The application of artificial intelligence technologies in teacher training within the context of the acmeological approach can be based on theoretical knowledge and practical activity processes. Acmeology is a young scientific field that emerged at the intersection of natural, social, and human sciences, studying the laws and processes of human development, particularly at the stage of maturity and reaching peak

performance. Acmeology established itself as a new scientific discipline in the late 1980s and early 1990s.

Despite its relatively recent emergence, acmeology has clearly defined its object and subject of study, goals and objectives, and scientific foundations, and has formed as an independent field of science. From its early stages, acmeology has been developing strategies and technologies for the formation of highly skilled and professional specialists in various areas of human activity.

It is worth noting that the recognition of acmeology as a scientific discipline on an international level is closely associated with the Russian Federation. Interest in acmeology and related scientific areas focused on the professional development of personality and activity is growing abroad. Acmeology is one of the leading sciences in this domain. Since its initial development, acmeology has focused on identifying the possibilities and ways to improve the professional level of teachers. Works such as:

"The Professionalism of the Teacher and Production Training Master" by N.V. Kuzmina, "The Professionalism of Pedagogical Activity" by N.V. Kuzmina and A.A. Rean, "Acmeology: Ways to Reach the Peaks of Professionalism" by A.A. Derkach and N.V. Kuzmina, "Acmeology as a Scientific and Educational Discipline" by A.A. Bodalev, "Acmeological Problems of Professionalism" by V.G. Zazikin and A.P. Chernyshev,—these works mark a new stage in the independent development and recognition of acmeology as a standalone science. Each of these works has demonstrated that acmeological knowledge is current, independent, and highly effective. The methodological and theoretical foundations of acmeology have been clarified, its main scientific directions identified, and key outcomes, including specific areas of application and scientific perspectives, have been established.

The principles, methods, and techniques for applying artificial intelligence technologies within the context of the acmeological approach can enhance the quality of teacher training and help educators fulfill their professional pedagogical responsibilities. As O.L. Zhukova notes: "Professional pedagogical responsibility is a teacher's sense of accountability for the outcomes of educational and instructional activities, filled with social meaning." (O.L. Zhukova, p. 52)

In higher education, several key areas of applying artificial intelligence from an acmeological perspective include:

Automation of daily tasks,

Development of content and educational applications,

Personalization of learning,

Development of "soft skills."

The potential for applying AI technologies to improve the quality of teacher preparation within the acmeological approach is vast.

In conclusion, this methodology—by integrating artificial intelligence technologies with the acmeological approach—enables the development of teachers' knowledge and skills in a more efficient and scientifically grounded manner, and also serves as a crucial factor in the modernization of the entire education system.

The processes supported by the application of AI technologies in teacher training from the acmeological perspective primarily contribute to increased effectiveness in educational activity.

Results and Discussion. The research yielded the following conclusions: A comprehensive analysis of the theoretical, methodological, and practical foundations of acmeological technologies for the effective application of artificial intelligence technologies in teacher training within the context of the acmeological approach allows for the identification of key directions for improving the quality of teacher preparation.

The main principles, methods, and application directions for the use of AI technologies within the acmeological approach in enhancing the quality of future teacher training are outlined.

The increasing global integration of AI technologies into both daily life and the education system emphasizes the importance of their potential in improving future teacher preparation, as highlighted in this article.

Improving the quality of future teacher training cannot be achieved solely through acmeological methods, techniques, and principles. It is essential to use all components of acmeotechnology in accordance with modern educational requirements.

As a result, the application of artificial intelligence technologies in teacher training within the context of the acmeological approach can lead to:

Improvement of personalized learning processes;

Enhancement of teaching materials;

Effective use of adaptive educational platforms;

Data analysis and outcome forecasting;

Automation of assignments;

Development of didactic educational games and applications.

Conclusion. Based on the results of the study, it can be concluded that applying the acmeological approach to improve the quality of future teacher training should be purposeful, consistent, and systematic. The pedagogical community must make methodologically grounded use of AI technologies in the teacher training process.

The structure of this acmeotechnology includes the following components:

Goals and objectives of the teacher's professional activity;

Key characteristics of productive activity;

Main directions of professional activity;

Factors influencing professional performance;

The role and position of students in the educational process;

Main features of students' creative approach to professional activity;

Evaluation of the level of professionalism. Thus, artificial intelligence technologies support the core methods, techniques, and principles of the acmeological approach in enhancing the quality of future teacher training.

References.

1. İlyasov M. Peşə sənət və ixtisas seçimi haqqında söhbətlər. Bakı: "Elm və həyat", 2023
2. Жукова О.Л. Акмеология физической культуры и спорта. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ- УПИИ, 2004
3. Деркач А.А., Зазыкин В.Г. Акмеология. Питер: СПб, 2003
4. Педагогическая акмеология. Коллективная монография. Екатеринбург: ФГАОУ ВПО, «Рос.гос.проф.-пед.ун-т», 2012
5. Кашапов М.М. Акмеология. Ярославль: ЯрГУ, 2011

SÜNİ INTELLEKT TEKNOLOGİYALARININ MÜƏLLİM HAZIRLIĞINDA AKMEOLOJİ YANAŞMA KONTEKSTİNDƏ TƏTBİQİ

XÜLASƏ.

Məqalədə süni intellekt texnologiyalarının müəllim hazırlığında keyfiyyətinin yüksəldilməsində akmeoloji yanaşma kontekstində tətbiqi imkanlarından bəhs olunur.

Müasir dövrdə süni intellekt texnologiyalarının spektri çox genişdir. Son illərdə müəllim hazırlığı keyfiyyətinin yüksəldilməsində süni intellekt texnologiyalarının imkanlarından istifadə mühüm aktualıq kəsb edir.

Məqalənin məqsədi süni intellekt texnologiyalarından müəllim hazırlığı keyfiyyətinin yüksəldilməsində akmeoloji yanaşma kontekstində tətbiqi imkanlarını araşdırmaq, təkliflər irəli sürmək, həmçinin Sİ texnologiyalarının imkanlarından müəllim hazırlığı keyfiyyətinin yüksəldilməsində akmeoloji texnologiyalardan tədris prosesində tətbiqi üçün təxmini tövsiyələr verməkdir.

Tədqiqatın metodoloji əsası fəaliyyət və hermenevtik yanaşmalardır. Tədqiqatın hermenevtik əsasında bu sahədə araşdırmalar aparan alimlərin əsərləri nəzərdən keçirilmiş və onlara münasibət bildirilmişdir.

Tədqiqatın hermenevtik yanaşmasında Sİ texnologiyalarının imkanlarından müəllim hazırlığı keyfiyyətinin yüksəldilməsində istifadə edilməsinin nəzəri əsasları göstərilir.

Məqalədə müəllim hazırlığı keyfiyyətinin yüksəldilməsinin Sİ texnologiyalarından təhsil prosesində əsaslı tətbiqi üçün təxmini tövsiyələr təklif olunur. Məqalə süni intellekt texnologiyaların imkanlarından istifadə edilməklə müəllim hazırlığı keyfiyyətinin əhəmiyyətli dərəcədə yüksəlməsinə, o cümlədən daha fərdiləşdirilmiş, diferensiallaşdırılmış təlim prosesinə, həmçinin müəllimliyi özlərinə gələcək peşə seçən tələbələrdə tənqidi, yaradıcı təfəkkürün və kreativ düşüncənin inkişaf etdirilməsində faydalı ola bilər.

Məqalədə, həmçinin müəllim hazırlığında süni intellektdən istifadə edilməsi imkanları müxtəlif aspektlərdən nəzərdən keçirilir, süni intellekt texnologiyalarının gələcək müəllim hazırlığı keyfiyyətinin yüksəldilməsində akmeoloji yanaşmadan istifadə imkanları göstərilir.

Bu sahədə tədqiqatın aparılmasında məqsədimiz, təkcə süni intellekt texnologiyalarının imkanlarından bəhrələnərək gələcək müəllim hazırlığı keyfiyyətinin

yüksəldilməsində akmeoloji yanaşmanın tətbiqi yollarını araşdırmaq deyil, həm də gələcəkdə bu texnologiyadan səmərəli istifadə üçün tövsiyələr və həllər təqdim etməkdir.

Açar sözlər: *akmeoloji yanaşma, süni intellekt texnologiyaları, süni intellektin tətbiqi, peşəkar fəaliyyət, təhsilin keyfiyyəti*

РЕЗЮМЕ.

В статье рассматриваются возможности применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в повышении качества подготовки учителей в контексте акмеологического подхода.

В современную эпоху спектр технологий искусственного интеллекта весьма широк. В последние годы использование возможностей ИИ в повышении качества подготовки учителей приобретает особую актуальность.

Цель статьи — исследовать возможности применения технологий искусственного интеллекта для повышения качества подготовки учителей в контексте акмеологического подхода, выдвинуть предложения, а также предоставить ориентировочные рекомендации по применению акмеологических технологий и ИИ в учебном процессе.

Методологической основой исследования являются деятельностный и герменевтический подходы. В герменевтической части исследования были проанализированы труды учёных, занимающихся данной проблематикой, и выражено отношение к ним.

В рамках герменевтического подхода также раскрываются теоретические основы использования технологий ИИ для повышения качества подготовки учителей.

В статье предлагаются ориентировочные рекомендации по обоснованному применению технологий ИИ в образовательном процессе с целью повышения качества подготовки педагогов. Использование возможностей ИИ может существенно повысить уровень подготовки учителей, обеспечить более индивидуализированный и дифференцированный подход к обучению, а также способствовать развитию критического, креативного и творческого мышления у студентов, выбравших профессию учителя.

Кроме того, в статье рассматриваются различные аспекты применения ИИ в подготовке учителей, а также демонстрируются перспективы использования акмеологического подхода для повышения качества будущей педагогической подготовки с помощью технологий искусственного интеллекта.

Целью данного исследования является не только анализ путей применения акмеологического подхода с использованием ИИ для повышения качества подготовки будущих учителей, но и разработка рекомендаций и решений для эффективного применения этих технологий в будущем.

SÜNİ İNTELLEKT VƏ MEDIA İNTEQRASIYASI: İMKANLAR, ÇƏTİNLİKLƏR VƏ ETİK TƏSİRLƏR

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537533>

F.ü.f.dok., dos. Şəhla Şirəliyeva

shehlashiraliyeva@ndu.edu.az

Naxçıvan Dövlət Universiteti

ORCID NO:0000-0002-4197-064X

XÜLASƏ

Bu məqalə, süni intellektin media sahəsində tətbiqinin imkanlarını, çətinliklərini və etik təsirlərini araşdırır. Süni intellektin media sektorundakı istifadəsi, kontent istehsalını sürətləndirir, məlumatları fərdiləşdirir və auditoriyanın ehtiyaclarına uyğunlaşdırır. Bununla yanaşı, bu texnologiyanın tətbiqi saxta xəbərlərin yayılması, şəxsi məlumatların qorunması və insan iş gücünün əvəzlənməsi kimi bir sıra etik və sosial məsələləri gündəmə gətirir. Süni intellektin media sahəsində etik istifadəsini təmin etmək üçün uyğun qaydaların və tənzimləmələrin tətbiqi zəruridir. Media qurumları və mütəxəssisləri, süni intellektin təklif etdiyi imkanlardan faydalanarkən, etik prinsiplərə əməl etməli və cəmiyyətin informasiya mühitini sağlam şəkildə formalaşdırmalıdırlar.

Açar sözlər: Süni İntellekt, Media Sənayesi, Sİ Jurnalistikası, Sİ Etikası, Media İstehlakı, Alqoritmik Jurnalistika, Məzmun Fərdiləşdirilməsi, Media Transformasiyası

GİRİŞ

Rəqəmsal texnologiyaların sürətli inkişafı nəticəsində süni intellekt (Sİ) artıq yalnız texniki sahələrdə deyil, həm də humanitar və sosial sahələrdə geniş tətbiq olunur. Xüsusilə media sektorunda Sİ texnologiyalarının inteqrasiyası informasiya istehsalı və istehlakında yeni mərhələnin başlanğıcını qoyur. Avtomatlaşdırılmış xəbər istehsalından tutmuş auditoriya analizlərinə, kontent fərdiləşdirilməsindən tutmuş dezinformasiya ilə mübarizəyə qədər süni intellektin tətbiq sahələri geniş və çoxşaxəlidir.

Lakin bu texnoloji transformasiya ilə yanaşı, müxtəlif çətinliklər və etik müzakirələr də gündəmə gəlməkdədir. Məsələn, media məzmununun avtomatlaşdırılmış şəkildə yaradılması jurnalistikanın peşəkarlığına və obyektivliyinə necə təsir edir? Sİ vasitəsilə yayılan manipulyativ informasiya və "deepfake" texnologiyaları ictimai rəyə hansı təsirləri göstərir? Bütün bu suallar Sİ-nin mediaya inteqrasiyasının təkcə texnoloji deyil, həm də sosial, mədəni və etik aspektlərinin araşdırılmasını zəruri edir.

Bu məqalədə süni intellekt və media inteqrasiyası mövzusunda mövcud imkanlar, qarşıya çıxan çətinliklər və yaranan etik suallar təhlil ediləcək. Məqsəd, texnologiyanın mediada istifadəsinin həm müsbət, həm də mənfi təsirlərini balanslı şəkildə araşdırmaq və bu sahədə gələcək siyasət və tədqiqatlar üçün tövsiyələr irəli sürməkdir.

SÜNİ İNTELLEKT VƏ MEDİANIN KƏSİŞMƏ NÖQTƏLƏRİ

Süni intellekt (Sİ) texnologiyaları, media sahəsində həm informasiya istehsalı, həm də istehlakı sahələrində geniş tətbiq tapır. Bu integrasiya bir çox fərqli mərhələdə — kontentin yaradılması, təhlili, fərdiləşdirilməsi və yayılması — özünü göstərir.

Avtomatlaşdırılmış jurnalistika, süni intellektin xəbərlərin sürətli və effektiv şəkildə istehsalını təmin etdiyi sahələrdən biridir. Bu texnologiya xüsusilə statistik məlumatları olan sahələrdə (məsələn, idman xəbərləri, maliyyə və ya hava proqnozları) geniş istifadə edilir. Məsələn, "The Washington Post" "Heliograf" adlı bir sistemdən istifadə edir. Bu sistem, idman və yerli xəbərlər kimi təkrarlanan məlumatları avtomatik olaraq toplayır və məqalə formasında təqdim edir. Nəticədə, xəbər agentlikləri daha sürətli məlumat təqdim edir, amma bu, bəzən insan jurnalistlərinin işini əvəz edir, beləliklə peşəkar jurnalistika və kreativ yanaşmaların itirilməsi riski yaranır. (Gandomi, A., & Sani, S. S. (2020).).

Kontent kurasiyası və fərdiləşdirmə Süni intellekt, media məzmununun fərdiləşdirilməsində mühüm rol oynayır. Sosial şəbəkələr və xəbər portalları, istifadəçinin əvvəlki davranışlarına əsaslanaraq, onlara daha uyğun məzmun təqdim edir. Məsələn, Facebook və YouTube platformaları istifadəçi maraqlarını analiz edərək öz lentlərini və video tövsiyələrini fərdiləşdirir. Bu texnologiyalar sayəsində istifadəçilər öz maraqlarına uyğun kontent alır, lakin eyni zamanda "informasiya bublası" fenomeni yaranır. Yəni, insanlar yalnız öz inandığı və ya maraqlandığı mövzularla qarşılaşır və bu, onları müxtəlif fikirlərdən uzaqlaşdırır, qərəzli məlumatların yayılmasına səbəb ola bilər.

Audio və Video analitika Süni intellektin səs və görüntü məlumatlarını təhlil etmək bacarığı, media sahəsində yeni imkanlar yaradır. Məsələn, IBM Watson platforması avtomatik transkripsiya və səsli məlumatları emal edərək jurnalistlərə tez bir zamanda xəbər mətnlərini hazırlamağa kömək edir. Bundan əlavə, Sİ üz tanıma texnologiyasından istifadə edilərək video və ya şəkillərdəki insanları müəyyən etmək mümkündür. Bununla yanaşı, "deepfake" texnologiyaları ilə yüksək keyfiyyətli saxta video və şəkillərin yaradılması etik və hüquqi problemlərə yol açır. Məsələn, 2020-ci ildə ABŞ prezident seçkiləri zamanı yayılan deepfake videoları, seçicilərin qərarlarını yanlış istiqamətləndirə bilərdi.

Real vaxt analitikası və trend proqnozları süni intellektin real vaxt analitikası, sosial media və xəbər platformalarında hansı mövzuların trend olduğunu izləməyə imkan verir. Məsələn, Twitter və Instagram kimi sosial şəbəkələr, istifadəçilərin etdiyi paylaşımları təhlil edərək hansı mövzuların populyar olduğunu anında müəyyən edir. Bununla yanaşı, BuzzSumo kimi alətlər, müəyyən açar sözlər və ya məzmunların nə qədər paylaşılmasını izləyərək media təşkilatlarına daha çox oxunan məzmun hazırlamağa kömək edir. Lakin burada diqqət yetirilməli olan məqam, bu cür alətlərin yalnız məlumatın sürətlə yayılmasına imkan verdiyi, amma həqiqət dəyəri yoxlanılmamış məzmunun da genişlənməsinə səbəb ola biləcəyidir.

Süni intellektin media sektorunda istifadəsi, bir çox müsbət imkanlar və yeniliklər yaradır. Bu imkanlar həm səmərəliliyi artırır, həm də yeni xidmət və təcrübələr təqdim edir. Lakin, bu faydaların effektiv şəkildə istifadə edilməsi üçün müvafiq qaydaların və etik prinsiplərin tətbiqi vacibdir. Hazırda çoxşaxəli istiqamətlərdə – tədqiqatçılar, jurnalistlər, özəl şirkətlər, ictimai qurumlar və vətəndaş cəmiyyəti təşkilatları da daxil olmaqla getdikcə artan aktorlar Sİ-nin inkişafının və istifadəsinin nəticələrinin, məsələn, milli təhlükəsizliyin, fundamental insan hüquqlarının pozulması və s. mənfi təsirlərə səbəb ola biləcək təhdid və risklərin xəritəsini yaratmağa səy göstərirlər.(10).

Süni intellektin media sahəsində əsas imkanlarını aşağıdakı kimi təqdim etmək olar:

1)Media istehsalında səmərəlilik və avtomatlaşdırma

Modern texnologiyalar təkcə həvəskar xəbər istehsalçıları üçün deyil, peşəkar media təmsilçiləri, jurnalistlər üçün də şərtləri dəyişir. Xüsusi olaraq "Süni intellekt" (Sİ / AI) bu sahədə hüdudsuz imkanlar təqdim edir. O, faktları axtarmaq, məlumat toplamaq, reportaj hazırlamaq, ideyaların yayılmasını təmin etmək işində yeniliklər yaradır. Təkcə məlumatı tapmaq deyil, mətn qurmaq, dizayn etmək prosesində də rol alır. Bu kontekstdə yanaşsaq, son dəyişikliklər jurnalistikada texniki imkanlarla yanaşı, həm də iş mühitini, sosial şərtləri əsaslı şəkildə dəyişir. Bir sözlə, "Süni intellekt" qlobal informasiya landşaftında inqilabi dəyişikliklərə yol açır. (7). Süni intellekt, media istehsalını sürətləndirərək səmərəliliyi artırır. Məsələn, idman xəbərlərinin avtomatik yazılması və maliyyə məlumatlarının tez bir zamanda təhlil edilməsi bu sahənin əsas tətbiq sahələrindəndir. Røytərs Aagentliyinin istifadə etdiyi Lynx Insight sistemi, süni intellekt vasitəsilə maliyyə xəbərlərini real vaxtda təhlil edir və jurnalistlərə lazımi məlumatları tez bir şəkildə təqdim edir. Bu texnologiya, jurnalistlərin daha dərin və əhatəli araşdırmalar aparmalarına imkan verir, eyni zamanda məlumatların dəqiqliyini artırır.

2)Auditoriya analizi və istifadəçi fərdiləşdirilməsi

Süni intellekt, auditoriyanı daha yaxşı anlamağa və onların maraqlarına uyğun kontent təqdim etməyə imkan verir. Məsələn, Spotify və Netflix kimi platformalar, istifadəçilərin əvvəlki davranışlarını analiz edərək fərdiləşdirilmiş məzmun təklif edirlər. Eyni yanaşma xəbər portallarında da tətbiq edilir, belə ki, istifadəçilərin oxuma vərdişlərinə əsaslanaraq onlara uyğun xəbərlər və məqalələr göstərilir. Bu, istifadəçi məmnuniyyətini artırır və daha çox oxucu və izləyici cəlb edir.

3) İnformasiya aşkarlığı və saxta xəbərlərin aşkarlanması

Süni intellektin ən vacib imkanlarından biri, dezinformasiya və saxta xəbərlərin aşkarlanmasında tətbiq edilməsidir. Factmata və Media Bias/Fact Check kimi platformalar, süni intellekt istifadə edərək xəbərlərin doğruluğunu qiymətləndirir və onları təsdiq edir. Məsələn, Google və Facebook kimi nəhəng şirkətlər, "deepfake" videolarını və saxta xəbərləri aşkar etmək üçün süni intellekt alətlərindən istifadə edir. Bu texnologiyalar, ictimaiyyətin yanlış məlumatlarla manipulyasiya edilməsinin qarşısını almağa kömək edir və informasiya mühitinin etibarlılığını artırır.

4) Real vaxtda məlumat təhlili və trend izləmə

Süni intellektin media sektoru üçün bir digər müsbət imkanı, real vaxtda məlumat təhlili və sosial şəbəkələrdəki trend analizidir. Bu, həm jurnalistlərə, həm də marketing mütəxəssislərinə ictimai rəyi daha yaxşı anlamağa və ona uyğun məzmun hazırlamağa imkan verir. Məsələn, Twitter və Instagram üzərində aparılan təhlillər, dünya üzrə trend olan mövzuları müəyyən edir və media şirkətlərinə uyğun xəbərlər təqdim etməkdə kömək edir. Bu sayədə, media qurumları zamanında və hədəf auditoriyalarına uyğun xəbərlər yayımlaya bilirlər.

5) Yeni media təcrübələri və interaktiv məzmun

Süni intellektin media sahəsində yaratdığı yeni imkanlar, interaktiv və daha şəxsi təcrübələrin yaranmasına səbəb olur. Məsələn, virtual köməkçilər və chatbotlar, istifadəçilərlə real vaxtda ünsiyyət qurmağa imkan verir. BBC və CNN kimi böyük media təşkilatları, süni intellekt vasitəsilə istifadəçilərin suallarını cavablandıran interaktiv tətbiqlər təqdim edirlər. Bu cür yeni texnologiyalar, media istehlakının gələcəyini dəyişdirərək, izləyicilərin məlumatlara daha yaxın və özəl bir şəkildə çatmasına imkan verir.

Süni intellektin media sahəsindəki geniş tətbiqi, bir çox faydalı imkanlar təqdim etməklə yanaşı, müəyyən çətinliklər və risklər də doğurur. Bu çətinliklər, həm texnoloji, həm də etik məsələlərə əsaslanır. Süni intellektin media sahəsindəki əsas çətinliklərini aşağıdakı kimi qruplaşdırmaq olar:

1) Məlumatların fərdiləşməsi və qərəz

Süni intellektin tətbiqi, "informasiya balonu" fenomenini gücləndirə bilər. Süni intellekt əsasən istifadəçilərin əvvəlki davranışlarına əsaslanaraq məlumat təqdim edir, bu da istifadəçiləri yalnız öz mövqelərinə uyğun olan məlumatlarla qarşılaşdırır. Məsələn, Facebook və Google kimi platformalar istifadəçi məlumatlarını təhlil edərək onlara fərdiləşdirilmiş xəbərlər təqdim edir, lakin bu, geniş perspektivlərdən xəbərdar olmamağa səbəb ola bilər. İnsanlar yalnız öz dünyagörüşünə uyğun məzmunla qarşılaşır və müxtəlif baxış bucaqları ilə tanış olmaqda çətinlik çəkirlər.

2) Yalan məlumatın yayılması və "Deepfake" texnologiyaları

"Deepfake" texnologiyaları, yüksək keyfiyyətli saxta şəkil və video yaradılmasına imkan verir. Bu cür texnologiyalar, xüsusən siyasi və sosial məsələlərdə manipulyasiya üçün təhlükə yaradır. 2018-ci ildə yayılan bir deepfake video, bir siyasətçinin saxta nitqini yayaraq ciddi ictimai reaksiya doğurdu. Həmçinin, xəbərlərdə və sosial şəbəkələrdə yayılan saxta məlumatlar, ictimai etimadı sarsıdaraq, cəmiyyətin yanlış qərarlar qəbul etməsinə səbəb ola bilər. Süni intellekt vasitəsilə yayılan saxta xəbərlər və görüntülər, həqiqətə uyğunluğu yoxlanılmadan böyük bir sürətlə yayılmaqdadır.

3) İnsan jurnalistlərin peşəkar rolu və əmək bazarı

Avtomatlaşdırılmış jurnalistika və süni intellektin geniş tətbiqi, ənənəvi jurnalistikanın gələcəyini sual altına alır. Əslində, süni intellekt xəbərləri avtomatik olaraq

yazsa da, insan jurnalistlərinin yaradıcı yanaşması və etik məsuliyyətləri hələ də əvəzolunmazdır. Beləliklə, bəzi jurnalistlər öz işlərini itirmək qorxusu ilə qarşılaşa bilərlər. Üstəlik, robot jurnalistlərin peşəkar səviyyəyə çatması ilə yanaşı, insan əmək bazarında dəyişikliklər və bərabərsizliklər meydana çıxır. Bu çətinliklər, media sahəsindəki iş gücünü necə təkmilləşdirmək və yeni bacarıqlar əldə etmək barədə ciddi müzakirələrə səbəb olur.

4) Etik məsələlər və şəxsi məlumatların qorunması

Süni intellektin media sahəsində istifadəsi, həm də şəxsi məlumatların qorunması və etik məsələlərə dair ciddi problemlər yaradır. Sosial şəbəkələr və digər media platformaları, istifadəçi məlumatlarını toplamaqla yanaşı, bunları reklamlarda və fərdiləşdirilmiş məzmun təqdim etmək üçün istifadə edirlər. Lakin şəxsi məlumatların icazəsiz şəkildə toplanması və istifadəsi, istifadəçilərin etibarını poza bilər və hüquqi problemlərə yol aç bilər. Bundan əlavə, süni intellektin tətbiqi, məsələn, əksər müsbət məzmunu seçərək bəzən mənfi və ya təhlükəli informasiyanın yayılmasını nəzarət altına almaqda çətinlik çəkir.

5) Texnoloji asılılıq və nəzarətin çətinliyi

Süni intellekt sistemlərinin istifadəsi, böyük həcmdə məlumat toplamağa və emal etməyə imkan verir. Lakin bu, texnoloji asılılıq yaratmaqla yanaşı, cəmiyyətin məlumatlara necə yanaşdığını və onlardan necə istifadə etdiyini də dəyişir. Google News, Facebook və digər xəbər platformaları, istifadəçiləri çox vaxt müəyyən xəbər növlərinə yönəldir, buna görə də istifadəçilər geniş məlumat almaqdan çox, yalnız öz maraqlarına uyğun məzmun ilə qarşılaşır. Bu, nəzarət və balans məsələlərini ortaya qoyur, süni intellektin daha çox istifadə edilməsi, məlumatın təhrif edilməsi və yanlış yönəldilməsi riskini artırır.

ETİK TƏSİRLƏR

Süni intellektin media sektorunda tətbiqi, bir çox etik sual və problem doğurur. Bu texnologiyalar həm yeni imkanlar təqdim edir, həm də cəmiyyətin məlumatlara və informasiya istehsalına yanaşmasını dəyişdirir. 2018-ci ildə Cambridge Analytica skandalı Facebook-un istifadəçi məlumatlarını siyasi nəticələrə təsir etmək üçün necə istifadə etdiyini ortaya qoydu və bu, media ilə əlaqəli KI texnologiyalarının etik risklərini gündəmə gətirdi. (Eysenbach, G.,2021).

Süni intellektin media sahəsində yaratdığı əsas etik məsələləri və bu məsələlərin həlli üçün irəli sürülən təklifləri nəzərdən keçirək:

Avtomatlaşdırılmış məzmunun etikas

Avtomatlaşdırılmış jurnalistika, süni intellektin ən çox tətbiq olunduğu sahələrdən biridir. Bu texnologiya ilə yaradılan məzmun, insan jurnalistləri tərəfindən yazılmadığı üçün bəzi etik məsələlər ortaya çıxır. Məsələn, süni intellektin yazdığı xəbərlərin obyektivliyi və düzgünlüyü təmin etmək çətin ola bilər. Süni intellekt yalnız verilən məlumatlar əsasında yazı hazırlayır və insan faktoru olmadığı üçün bəzən məzmun qeyri-dəqiq və ya manipulyativ ola bilər. Buna görə də, avtomatlaşdırılmış məzmunun

yaradılmasında etik prinsiplərin tətbiqi və redaktorların nəzarəti vacibdir. (Hernandez, M. S., & Patel, R.,2019)

Məlumatların şəffaflığı və istifadəçi hüquqları

Süni intellektin media sahəsində istifadəsi, şəxsi məlumatların toplandığı və istifadə edildiyi bir mühit yaradır. Bu məlumatların nəzarətsiz toplanması və istifadəsi, istifadəçilərin şəxsi hüquqlarını pozan bir problemə səbəb ola bilər. Məsələn, istifadəçilərin sosial media davranışları və axtarış tarixçələri, reklamlar və fərdiləşdirilmiş məzmun təqdim etmək üçün istifadə edilir. Bu məlumatların necə toplanması, kimlərə təqdim edilməsi və bu məlumatlarla nə ediləcəyi məsələləri ciddi etik problemlər doğurur. Bəzi tədqiqatçılar, istifadəçilərin məlumatlarının icazəsiz şəkildə toplanmasının və bu məlumatların etik olmayan şəkildə istifadə edilməsinin, cəmiyyətin gizlilik hüquqlarını pozduğunu vurğulayır.

Saxta məlumat və "Deepfake" texnologiyaları

"Deepfake" texnologiyası, yüksək keyfiyyətli saxta şəkil və video yaradılmasına imkan verir. Bu texnologiya, əslində insanlara aid olmayan məzmunları həqiqət kimi təqdim edə bilər. Bu, həm şəxsi həyatın qorunması, həm də ictimai etimad üçün böyük bir təhlükə yaradır. Məsələn, siyasətçilərin və məşhurların saxta görüntüləri yayıldıqda, bu, ictimai rəyə və seçki proseslərinə təsir göstərə bilər. Bu texnologiyaların etik istifadəsi məsələsi hələ də geniş müzakirə olunur. Onların etik istifadəsinin təmin edilməsi üçün hüquqi tənzimləmələr və əxlaqi məhdudiyyətlər vacibdir. (Smith, A., & Bellamy, K.,2023)

Süni intellektin əmək bazarı üzərindəki təsirləri

Süni intellektin media sahəsində tətbiqi, jurnalistlərin və digər media işçilərinin işlərini əvəz etmə potensialına malikdir. Avtomatlaşdırılmış yazı sistemləri və kontent qurma alətləri, insanların yerinə keçə bilər. Bu, xüsusilə aşağı səviyyəli jurnalistlər və redaktorlar üçün işsizlik riski yaradır. Əmək bazarındakı bu dəyişikliklər, həmçinin sosial və iqtisadi bərabərsizliklərə səbəb ola bilər. Bu məsələyə etik yanaşma, süni intellektin insanların yerinə iş görməsinin deyil, onların işini dəstəkləyərək artırmasının təmin edilməsidir. Media qurumlarının, yeni texnologiyaların iş gücünü necə dəyişdirdiyini və bunun sosial ədalət baxımından nə demək olduğunu düşünmələri vacibdir.

Informasiya azadlığı və cəmiyyətə təsiri

Süni intellektin media sektorunda istifadə edilməsi, həm də məlumatın azad şəkildə yayılmasının qarşısını ala bilər. Süni intellektin tətbiqi ilə, müəyyən məlumatlar daha çox təkrarlanır və daha çox diqqət cəlb edir, bu isə digər vacib, lakin daha az diqqət çəkən məlumatların yayılmasını məhdudlaşdırır. Bu, cəmiyyətin ümumi məlumat bazasının məhdudlaşmasına və müxtəlif perspektivlərdən xəbərdar olmağının azalmasına səbəb ola bilər. Media platformaları, süni intellektin tətbiqində, ictimaiyyətin daha geniş və balanslı məlumat almasına təminat verməlidir.

NƏTİCƏ

Süni intellektin media sektoru ilə integrasiyası, həm mövcud imkanlar, həm də potensial çətinliklər baxımından əhəmiyyətli dəyişikliklər gətirmişdir. Bu texnologiyalar, məlumat istehsalının sürətini artırmış, kontent fərdiləşdirməsini daha səmərəli hala gətirmiş və cəmiyyətin müxtəlif təbəqələrinə uyğun məzmun təqdim edilməsini təmin etmişdir. Lakin bu inkişafın həm etik, həm də sosial məsələlərə yol açması qaçılmazdır. Ən böyük imkanlardan biri, süni intellektin informasiya təhlilindəki səmərəliliyi və informasiya doğruluğunun artırılmasıdır. Avtomatlaşdırılmış jurnalistika və məlumat analitikası, media qurumlarına daha sürətli və effektiv xəbər istehsalı imkanı vermişdir. Eyni zamanda, süni intellekt, cəmiyyətin maraqlarına uyğun fərdiləşdirilmiş məzmun təqdim edərək istifadəçi təcrübəsini yaxşılaşdırır.

Bununla yanaşı, süni intellektin tətbiqi, müəyyən etik problemləri də gündəmə gətirir. Saxta xəbərlər, "deepfake" texnologiyalarının istifadəsi və şəxsi məlumatların qorunması məsələləri, müasir media mühitində ciddi narahatlıqlar doğurur. Ayrıca, süni intellektin iş gücü üzərində yaratdığı təsirlər və insanların iş yerlərini itirmə riski də cəmiyyətin üzləşdiyi digər çətinliklərdəndir.

Süni intellektin media sahəsində daha geniş və etik bir şəkildə istifadə edilməsi üçün düzgün qaydalar və tənzimləmələr vacibdir. Həmçinin, media qurumlarının peşəkar və etik prinsipləri qoruyaraq bu texnologiyalardan faydalanmaları, cəmiyyətin sağlam informasiya mühiti yaratmasına yardım edəcəkdir.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Gandomi, A., & Sani, S. S. (2020). Artificial Intelligence and its Impact on Media Industry. *International Journal of Journalism Studies*, 12(4), 56-73.
2. Eysenbach, G. (2021). Ethical Implications of AI in Journalism. *Journal of Media Ethics*, 15(2), 99-112.
3. Kumar, R., & Singh, P. (2022). AI and the Future of News Media: Challenges and Opportunities. *Journal of Communication and Technology*, 19(1), 12-28.
4. Hernandez, M. S., & Patel, R. (2019). Automation in Journalism: From Artificial Intelligence to Journalism Robots. *Journal of Media Innovation*, 4(3), 56-74.
5. Lewis, S. (2021). The Rise of AI and Its Influence on Content Creation and Consumption. *Mass Communication Review*, 14(2), 33-48.
6. Smith, A., & Bellamy, K. (2023). Deepfake and the Threat of Misinformation in Journalism. *Journal of Digital Media and Misinformation*, 8(2), 120-135.
7. "Süni intellekt" dövründə media: təsirlər, təhdidlər və çıxış yolları. <https://www.xalqqazeti.az/az/siyaset/211618-suni-intellekt-dovrunde-media-tesirler>
8. Süni intellekt və jurnalistika. <https://525.az/news/289187-suni-intellekt-ve-jurnalistika>
9. Süni intellekt insan əməyini əvəz edə bilərmi? <https://innews.media/az/news/id-39847>

10. Süni intellekt texnologiyalarının inkişafı və tətbiqinin sosial nəticələri.
<https://socialresearchjournal.az/index.php/2023/10/04/suni-intellekt-texnologiyalarinin-inkisafi-ve-tetbiqinin-sosial-neticeleri/>

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MEDIA INTEGRATION: OPPORTUNITIES, CHALLENGES, AND ETHICAL IMPLICATIONS

PhD, Assoc. Prof. Shahla Shiraliyeva

RESUME

This paper explores the integration of artificial intelligence (AI) in the media sector, examining the opportunities, challenges, and ethical implications of its use. AI has significantly enhanced the media industry by accelerating content production, personalizing information, and tailoring content to meet audience needs. However, its application also brings forward several ethical and social concerns, such as the spread of fake news, the protection of personal data, and the potential replacement of human labor. The use of AI in media requires the establishment of proper regulations and ethical standards to mitigate these risks. Media organizations and professionals must embrace the potential benefits of AI while adhering to ethical guidelines to ensure a healthy and trustworthy information environment for society.

Key words: Artificial Intelligence, Media Industry, AI Journalism, AI Ethics, Media Consumption, Algorithmic Journalism, Content Personalization, Media Transformation

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ИНТЕГРАЦИЯ МЕДИА: ВОЗМОЖНОСТИ, ПРОБЛЕМЫ И ЭТИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Доцент Шахла Ширалиева

РЕЗЮМЕ

В данной статье рассматривается интеграция искусственного интеллекта (ИИ) в медиасектор, изучаются возможности, проблемы и этические последствия его использования. ИИ значительно улучшил медиаиндустрию, ускорив производство контента, персонализировав информацию и адаптировав контент к потребностям аудитории. Однако его применение также выдвигает ряд этических и социальных проблем, таких как распространение фейковых новостей, защита персональных данных и потенциальная замена человеческого труда. Использование ИИ в медиа требует установления надлежащих правил и этических стандартов для снижения этих рисков. Медиаорганизации и специалисты должны использовать потенциальные преимущества ИИ, придерживаясь этических принципов, чтобы обеспечить здоровую и надежную информационную среду для общества.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, медиаиндустрия, журналистика ИИ, этика ИИ, потребление медиа, алгоритмическая журналистика, персонализация контента, трансформация медиа

SDN ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLI MONITORİNGİN VƏ DƏRİN ÖYRƏNMƏ ALQORİTMLƏRİNİN TƏHLİLİ VƏ QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537543>

Səminə RÜSTƏMOVA

saminarustamova@ndu.edu.az

ORCID ID: 0009-0002-7980-8960

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Bu məqalədə proqramla idarə olunan şəbəkələrdə (SDN) süni intellekt (Sİ) əsaslı monitoringin və dərin öyrənmə alqoritmlərinin etibarlılığı artırmaq baxımından potensialı və tətbiqi imkanları araşdırılmışdır. SDN texnologiyası idarəetmə və məlumat ötürülməsi funksiyalarını ayıraraq çeviklik və mərkəzləşdirilmiş nəzarət təmin etsə də, mərkəzi kontrollerin sıradan çıxması, dar boğazlar (bottlenecks) və hücum riskləri kimi yeni çağırışlar meydana çıxır. Süni intellekt bu problemlərin aradan qaldırılması üçün real vaxtda analiz, proqnozlaşdırma və adaptasiya imkanları ilə güclü bir vasitə kimi çıxış edir. Məqalədə həmçinin dərin öyrənmə (DL), gücləndirmə ilə öyrənmə (RL) və zaman sıralarının təhlili kimi metodların nasazlıqların proqnozlaşdırılması və trafik marşrutlarının adaptiv idarə olunmasında tətbiqi təhlil olunur. SDN və Sİ-nin birlikdə istifadəsinin yalnız etibarlılıq deyil, eyni zamanda təhlükəsizlik və performans baxımından da üstünlüklər təqdim etdiyi vurğulanır. Xüsusilə, ənənəvi idarəetmə üsulları ilə Sİ-nin birləşdirildiyi hibrid yanaşmaların imkanları və çətinlikləri dəyərləndirilmiş, gələcəkdə avtonom və etibarlı şəbəkə sistemlərinin qurulması üçün istiqamətlər göstərilmişdir.

Açar sözlər: *Süni intellekt, SDN, monitoring, dərin öyrənmə, maşın öyrənməsi, gücləndirmə ilə öyrənmə, nasazlıqların proqnozlaşdırılması, adaptiv idarəetmə, hibrid yanaşma, şəbəkə təhlükəsizliyi*

Giriş

Software-Defined Networking (SDN) texnologiyasının meydana çıxması ilə şəbəkə arxitekturaları daha çevik və miqyaslı bilən hala gəldi, bu da ənənəvi şəbəkə konfiqurasiyalarında çətin əldə olunan imkanların reallaşmasına şərait yaratdı. SDN-in əsas üstünlüyü ənənəvi şəbəkə arxitekturalarının dekompozisiyasında, yəni idarəetmə və məlumat ötürülməsi funksiyalarının iki ayrı təbəqəyə bölünməsində özünü göstərir. Bu yanaşma administratorlara şəbəkə trafikini və resurslarını mərkəzləşdirilmiş şəkildə idarə etmək imkanı verir və bununla da şəbəkə infrastrukturunu üzərində daha yüksək çeviklik və nəzarət təmin olunur.

Lakin SDN-in çevikliyi və mərkəzləşdirilmiş idarəetməsi ilə yanaşı, etibarlılıq və qüsura davamlılıq sahəsində də yeni çağırışlar ortaya çıxır. İdarəetmənin mərkəzi nəzarətçidə (kontrollerdə) cəmlənməsi dar boğazların yaranmasına və nasazlıq və ya hücum risklərinin artmasına səbəb ola bilər, bu isə nəticə etibarilə bütün şəbəkə infrastrukturuna təsir göstərə bilər.

Bu kontekstdə süni intellekt (Sİ) SDN-də qüsura davamlılığın artırılması üçün böyük potensial təqdim edir. Sİ-nin real vaxtda böyük həcmdə məlumatları emal və təhlil etmək, eyni zamanda öyrənmək və dəyişən şəraitə uyğunlaşmaq qabiliyyəti onu şəbəkə sistemlərinin təkmilləşdirilməsi üçün güclü alətə çevirir.

Əsas Anlayışlar və Problemlər

SDN (Proqramla İdarə Olunan Şəbəkə) şəbəkələrin qurulmasına yönəlmiş yanaşmadır. Burada idarəetmə funksiyası mərkəzləşdirilmişdir və fiziki avadanlıqdan ayrılır. Bu, şəbəkə administratorlarına trafikə və resurslara daha asan nəzarət etməyə imkan verir. Lakin, bu yanaşma mərkəzi nəzarətçinin sıradan çıxması və ya nəzarətçi ilə şəbəkə cihazları arasında rabitə problemləri riskini də özü ilə gətirir.

Qeyd etmək lazımdır ki, tez-tez “SDN” (Proqramla İdarə Olunan Şəbəkə) termini ilə yanaşı, başqa bir abreviatūra da işlədilir – NFV (network functions virtualization) – şəbəkə funksiyalarının virtualizasiyası. SDN və NFV bir çox cəhətdən oxşardır, çoxsaylı ortaq komponentlərə malikdir və bir-birinə yaxın məsələlərin həllinə yönəlib.

NFV (Şəbəkə Funksiyalarının Virtualizasiyası) – telekommunikasiya şəbəkəsinin fiziki şəbəkə elementlərinin virtualizasiyası texnologiyasıdır. Bu texnologiyada şəbəkə funksiyaları, standart serverlərdə və onlarda işləyən virtual maşınlarda fəaliyyət göstərən proqram modulları vasitəsilə yerinə yetirilir. Bu proqram modulları bir-birilə qarşılıqlı əlaqə yaradaraq əvvəllər aparat platformalarının yerinə yetirdiyi rabitə xidmətlərini təmin edə bilirlər.

Ümumilikdə, SDN və NFV bir-birindən asılı olmasalar da, NFV SDN-i əhəmiyyətli dərəcədə tamamlaya bilər.

SDN-də Süni İntellektin Tətbiqinin Aktuallığı

Şəbəkə sistemlərinin mürəkkəbliyinin artması və şəbəkələr vasitəsilə ötürülən məlumatların həcmnin yüksəlməsi fonunda, şəbəkənin səmərəli idarə olunması, eləcə də etibarlılıq və təhlükəsizliyin təmin edilməsi getdikcə daha böyük əhəmiyyət kəsb edir. Statik qayda və siyasətlərə əsaslanan ənənəvi şəbəkə idarəetmə metodları, dinamik şəkildə dəyişən şəbəkə mühitində artıq yetərsiz qalır. Bu kontekstdə, SDN-də süni intellektin tətbiqi şəbəkə sistemlərinin avtomatlaşdırılması, optimallaşdırılması və qüsura davamlılığının artırılması üçün unikal imkanlar təqdim edir [7].

Süni İntellektin Rolu

Süni intellekt SDN şəbəkələrinin qüsura davamlılığının artırılmasında istifadə oluna bilər və aşağıdakı imkanları təmin edir:

- ✓ Nasazlıqların proqnozlaşdırılması: Maşın öyrənməsi metodları ilə şəbəkənin əvvəlki fəaliyyətinə dair məlumatlar təhlil olunaraq potensial nasazlıqlar öncədən proqnozlaşdırıla bilər və bu nasazlıqların qarşısını almaq üçün qabaqlayıcı tədbirlər görülməlidir.
- ✓ Adaptiv trafik idarəetməsi: Sİ alqoritmləri real vaxt rejimində trafik marşrutlarını dinamik şəkildə uyğunlaşdıraraq, gecikmələri minimuma endirə və şəbəkənin yüklənməsinin qarşısını ala bilər, bu da ümumi etibarlılığı artırır.
- ✓ Hücumların aşkarlanması və yumşaldılması: Süni intellekt şəbəkə trafikində anomaliyaları aşkar etmək üçün monitoring apara bilər. Bu anomaliyalar şəbəkə hücumunun əlaməti ola bilər və təhlükənin qarşısını almaq üçün avtomatik tədbirlər həyata keçirilə bilər.

Süni İntellekt SDN Monitoringini Necə Dəyişir

Süni intellekt (Sİ) SDN (Proqramla İdarə Olunan Şəbəkə) monitoringinə güclü intellekt elementi əlavə edir və aşağıdakı imkanları təqdim edir:

- Gizli anomaliyaların aşkarlanması. Sİ alqoritmləri böyük həcmdə şəbəkə məlumatlarını təhlil edə bilər və əhəmiyyətli üsulların fərqiə varə bilmədiyi incə nümunələri və anomaliyaları müəyyənləşdirə bilər. Bu proaktiv yanaşma məhsuldarlığa və ya təhlükəsizliyə təsir göstərməmişdən əvvəl potensial problemlərin erkən mərhələdə aşkarlanmasına və aradan qaldırılmasına imkan verir.
- Gözlənilməz olanı proqnozlaşdırmaq. Sİ modelləri tarixi məlumatlardan və real vaxtda şəbəkənin davranışından öyrənərək gələcək trafik modellərini və resurs istifadəsini proqnozlaşdırə bilər. Bu qabaqlayıcı yanaşma şəbəkə operatorlarına resursların səmərəli paylanmasını optimallaşdırmağa, dar boğazların qarşısını almağa və şəbəkənin fasiləsiz işləməsini təmin etməyə kömək edir.
- Əsas səbəblərin təhlilinin avtomatlaşdırılması. Sİ performans problemlərinin və ya təhlükəsizlik pozuntularının əsas səbəblərini dəqiq müəyyənləşdirmək üçün mürəkkəb şəbəkə məlumatlarını analiz edə bilər. Bu, nasazlıqların əl ilə aradan qaldırılmasına olan ehtiyacı azaldır, vaxt və resurslara qənaət edir.
- Özünü optimallaşdırma və adaptasiya. Sİ əsaslı monitoring sistemləri şəbəkə şəraitinin dəyişməsinə daim uyğunlaşaraq və özlərini təkmilləşdirərək öyrənə bilirlər. Bu isə sistemin şəbəkə inkişaf etdikcə belə effektiv qalmasını təmin edir və daimi insan müdaxiləsinə ehtiyacı aradan qaldırır.

Süni İntellekt Əsaslı SDN Monitoringinin Üstünlükləri

Süni intellektə əsaslanan SDN (Proqramla İdarə Olunan Şəbəkə) monitoringi bir sıra əhəmiyyətli üstünlüklər təqdim edir:

- Şəbəkənin məhsuldarlığının və etibarlılığının artırılması. Problemləri qabaqcadan aşkar edərək və aradan qaldıraraq, Sİ şəbəkənin optimal fəaliyyətini təmin etməyə və dayanma vaxtını minimuma endirməyə kömək edir.
- Artırılmış təhlükəsizlik. Sİ real vaxt rejimində təhlükəsizlik təhdidlərini aşkar edib onlara cavab verə bilir, bununla da məxfi məlumatları və həyati əhəmiyyətli infrastruktur elementlərini qoruyur.
- Əməliyyat xərclərinin azaldılması. Avtomatlaşdırma və qabaqlayıcı problem aşkarlanması əl ilə monitoringə sərf olunan vaxtı və resursları əhəmiyyətli dərəcədə azaldır.
- Daha çox çeviklik və operativlik. Sİ əsaslı sistemlər real vaxt rejimində dəyişən şəbəkə şəraitinə uyğunlaşa bilir, bu da yaranan təhdidlərə və imkanlara daha tez reaksiya verməyə şərait yaradır.

Süni intellekt vasitəsilə potensial nasazlıqlar baş verməzdən əvvəl onları proqnozlaşdırmaq mexanizmlər qurmaq və bu vəziyyətlərə qarşı uyğun tədbirlər almaq mümkündür. Bundan əlavə, maşın öyrənməsi alqoritmlərinin tətbiqi ilə SDN müxtəlif şəbəkə trafik ssenarilərinə uyğunlaşaraq marşrutlaşdırmanı optimallaşdırır və şəbəkənin həddindən artıq yüklənmə ehtimalını azalda bilər. Qeyd etmək lazımdır ki, Süni İntellekt və SDN-in birgə istifadəsi yalnız etibarlılıq məsələləri ilə məhdudlaşmır, eyni zamanda təhlükəsizlik, ötürmə zolağının idarə olunması və şəbəkə sistemlərində cavab müddətinin azaldılması kimi sahələrdə də yeni imkanlar yaradır [1].

Şəbəkə trafikinin daim dəyişən mənzərəsi monitoringə dinamik və intellektual yanaşma tələb edir. Effektivliyinə baxmayaraq, ənənəvi üsullar müasir SDN-lər (Software-Defined Networking) tərəfindən yaradılan məlumatların böyük həcmi və mürəkkəbliyi ilə bacara bilmir. Məhz bu nöqtədə süni intellekt köməyə gəlir və SDN monitoringinə yeni səviyyədə təkmilləşmə və avtomatlaşdırma gətirir.

SDN-in mərkəzləşdirilmiş idarəetməsi və proqramlaşdırıla bilən məlumat ötürmə təbəqəsi şəbəkə resurslarının idarə edilməsində misilsiz çeviklik və operativlik təmin edir. Lakin bu çeviklik bir problemi də ortaya çıxarır: daima dəyişən konfigurasiyalara malik dinamik bir şəbəkənin vəziyyətini, məhsuldarlığını və təhlükəsizliyini necə effektiv şəkildə nəzarətdə saxlamaq olar? Statik elementlərə yönəlmiş ənənəvi monitoring alətləri SDN mühitlərinə xas olan sürətli dəyişikliklərə uyğunlaşmaqda çətinlik çəkir.

SDN Monitoringində Sİ-nin Gələcəyi

Süni intellektin SDN monitoringində gələcəyi ümidvericidir. Sİ texnologiyalarının inkişafı ilə monitoring üçün daha da təkmil və güclü həllərin meydana çıxması gözlənilir. Bu həllərə maşın öyrənməsi, dərin öyrənmə və təbii dilin işlənməsi kimi elementlər daxil ediləcək və bu da daha dərin anlayışlar və daha dəqiq proqnoz imkanları yaradacaq.

Sİ-nin SDN monitorinqində inqilabi potensialına baxmayaraq, qarşısında duran mühüm problemlər də var. Məlumat keyfiyyətinin təmin edilməsi, Sİ modellərindəki qərəzliliyin azaldılması və təhlükəsizliklə bağlı məsələlərin həlli – bütün bunlar süni intellektin həyati əhəmiyyətli şəbəkə infrastrukturuna tam şəkildə inteqrasiya olunmasından əvvəl həll edilməlidir.

Nəticə olaraq, qeyd etmək lazımdır ki, süni intellekt SDN mühitlərinin monitorinq üsulunu kökündən dəyişmək gücünə malikdir. Sİ-nin öyrənmə, uyğunlaşma və proqnozlaşdırma qabiliyyətindən istifadə etməklə şəbəkə operatorları məhsuldarlıq, təhlükəsizlik və səmərəlilik sahəsində misilsiz səviyyələrə çatıb. Gələcəyə doğru irəlilədikcə, süni intellektin tətbiqi və onunla bağlı məsələlərin həlli SDN-in bütün potensialını ortaya çıxarmaq və gələcəyin çevik, intellektual şəbəkələrini qurmaq üçün əsas olacaq.

Xüsusi diqqət böyük məlumat emalı mərkəzlərinə (Data Center – DC, yaxud– Məlumatların Emalı Mərkəzi – MEM) yönəldilməlidir. MEM şəbəkələrinin göstərdiyi artım bu şəbəkələri korporativ informasiya-hesablama infrastrukturunun əsas elementi halına gətirib. MEM şəbəkələri yeni mənbələrdən gələn məlumatların həcmi ilə ayaqlaşmaq üçün serverlərdə həm yaddaş, həm də getdikcə daha mürəkkəbləşən xidmətlərə əlaqələrin işlənməsi üçün yeni imkanlara ehtiyac duyur.

Lakin ənənəvi MEM arxitekturaları və texnologiyaları, artıq formalaşan yüksək məhsuldarlıq, intellektual idarəetmə və istifadədə rahatlıq kimi tələblərə cavab verə bilmir. Bu isə SDN texnologiyasının tətbiqini zəruri edir.

SDN texnologiyası:

- şəbəkənin virtualizasiyası imkanlarını təqdim edir,
- idarəetmə və yönləndirmə təbəqələrini ayırır,
- məntiqi cəhətdən mərkəzləşdirilmiş idarəetməni həyata keçirir,
- yuxarı səviyyəli tətbiqlər üçün şəbəkəni açıq interfeyslərlə təmin edir.

Bu xüsusiyyətləri ilə SDN MEM şəbəkələrinin qurulması üçün xüsusilə uyğun texnologiyadır. Belə şəbəkə, mərkəzləşdirilmiş idarəetməni dəstəkləyən funksionallığı ilə fərqlənəcək.

Səhvlərin Proqnozlaşdırılması üçün Dərin Öyrənmə Alqoritmlərinin Tədqiqi

SDN-də qüsura davamlılığın artırılması üçün yanaşmalardan biri dərin öyrənmə metodlarından istifadə etməklə nasazlıqların proqnozlaşdırılmasıdır. Dərin neyron şəbəkələri (DNŞ) şəbəkənin fəaliyyətinə dair genişhəcmli məlumat dəstləri üzərində öyrədilərək müəyyən düynələrdə və ya komponentlərdə nasazlıq ehtimalını öncədən təxmin edə bilir. Bu, şəbəkə operatorlarına nasazlıqlar baş verməzdən əvvəl qabaqlayıcı tədbirlər görməyə və ya onların şəbəkəyə təsirini minimuma endirməyə imkan verir [4].

SDN-də qüsura davamlılıqla bağlı əsas çağırışlara aşağıdakılar daxildir:

- ✓ Şəbəkə nasazlıqlarının aşkar edilməsi və bərpa;

- ✓ Bir və ya bir neçə düyün sıradan çıxsa belə, şəbəkənin fasiləsiz fəaliyyətinin təmin olunması;
- ✓ Şəbəkə hücumlarından qorunma.

Trafikin Adaptiv İdarə Edilməsi üçün Gücləndirmə ilə Öyrənmə

Gücləndirmə ilə öyrənmə (Reinforcement Learning – RL), agentin ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqə quraraq öyrəndiyi maşın öyrənməsi növüdür. SDN kontekstində RL alqoritmləri real vaxtda trafik marşrutlarını adaptiv şəkildə tənzimləmək üçün istifadə oluna bilər. Trafikə nəzarət edən agent, şəbəkənin fəaliyyətini yaxşılaşdırdığı üçün mükafatlandırılır, bu da onu marşrutları optimallaşdırmağa, gecikmələri azaltmağa və şəbəkə yüklənməsinin qarşısını almağa sövq edir.

Anomaliyaların Aşkarlanması üçün Zaman Sıralarının Təhlili

Süni intellektdən istifadə etməklə zaman sıralarının təhlili, şəbəkə trafikində anomaliyaların aşkarlanması üçün effektiv yanaşma ola bilər. Bu anomaliyalar nasazlıqların və ya hücumların əlaməti ola bilər. Bu məqsədlə LSTM (Long Short-Term Memory) kimi metodlar tətbiq edilərək, şəbəkə trafikindəki nümunələr analiz olunur və normadan sapmalar müəyyənləşdirilir.

Süni İntellekt və SDN-in İnteqrasiyası

Dinamik Marşrutlaşdırmanın Optimallaşdırılması

Süni intellekt real vaxt rejimində şəbəkə trafikini təhlil etmək və məlumat ötürülməsi marşrutlarını dinamik şəkildə optimallaşdırmaq üçün istifadə oluna bilər. Gücləndirmə ilə öyrənmə kimi maşın öyrənməsi alqoritmləri, mövcud şəbəkə şəraitinə əsaslanaraq məlumat ötürülməsi üçün ən effektiv yolları müəyyən etməyə kömək edir, gecikmələri minimuma endirir və şəbəkə düyünlərinin həddindən artıq yüklənməsinin qarşısını alır [3].

Hücumların Aşkarlanması və Yumşaldılması

Dərin öyrənmə və zaman sıralarının təhlili texnikalarından istifadə etməklə, süni intellekt şəbəkə trafikində anomaliyaları müəyyənləşdirə bilər, bu anomaliyalar şəbəkə hücumlarının və ya nasazlıqların əlaməti ola bilər. Bu isə SDN sistemlərinə potensial təhdidlərə operativ reaksiya verməyə və şəbəkənin fasiləsiz işləməsinin təmin etmək üçün uyğun yumşaldıcı strategiyalar tətbiq etməyə imkan verir.

Nasazlıqlardan Sonra Avtomatik Bərpa

Süni intellektin köməyi ilə SDN sistemləri nasazlıqlardan sonra özünü avtomatik bərpa edə bilər – trafik alternativ marşrutlarla yönləndirilir və şəbəkə xidmətləri ciddi fasilələr olmadan bərpa olunur.

Hibrid Yanaşmalar: SDN-də Qüsura Davamlılığın Artırılması Üçün Süni İntellekt və Ənənəvi Metodların Birləşdirilməsi

SDN şəbəkələrində qüsura davamlılığın artırılması məqsədilə yalnız süni intellektin tətbiqi ilə yanaşı, ənənəvi şəbəkə idarəetmə metodları ilə süni intellektin birləşdirildiyi

hibrid yanaşmalar da getdikcə daha çox populyarlıq qazanır. Bu, hər iki texnologiyanın üstünlüklərini birləşdirməyə imkan verdiyinə görə üstünlük təşkil edir [2].

Nasazlıqların Proqnozlaşdırılması üçün Sİ Tətbiqi

Süni intellektin SDN-ə integrasiyasının yollarından biri şəbəkədə potensial nasazlıqların proqnozlaşdırılması üçün maşın öyrənməsi alqoritmlərindən istifadədir. Şəbəkə trafikinin və performansın tarixi məlumatları əsasında öyrədilmiş Sİ modelləri, nasazlıq ehtimallarını proqnozlaşdıraraq sistemi öncədən xəbərdar edə bilər.

Nasazlıqlara Qarşı Reaksiya üçün Ənənəvi Dayanıqlılıq Mexanizmləri

Süni intellekt tərəfindən nasazlıq barədə xəbərdarlıq verildikdən sonra, şəbəkənin fasiləsiz işləməsini təmin etmək üçün ənənəvi qüsura davamlılıq mexanizmləri işə salına bilər. Bu mexanizmlərə alternativ marşrutlarla trafik yönləndirmə, sürətli bərpa texnikaları və digər etibarlı metodlar daxildir.

Şəbəkə Resurslarının Adaptiv Optimallaşdırılması

Hibrid sistemlər, eyni zamanda, şəbəkə şəraitindəki dəyişikliklərə uyğunlaşaraq şəbəkə resurslarını dinamik şəkildə optimallaşdırmaq üçün süni intellektdən istifadə edə bilər. Bu zaman ənənəvi metodlara əsaslanan statik qayda və siyasətlər şəbəkə sabitliyini və təhlükəsizlik standartlarına riayət olunmasını təmin edən əsas dayaq rolunu oynayır.

Hibrid Yanaşmanın Üstünlükləri:

- ✓ Daha çox çeviklik və dinamik dəyişikliklərə uyğunlaşma qabiliyyəti
- ✓ Süni intellektin proqnozlaşdırıcı imkanlarının ənənəvi mexanizmlərlə tamamlanması nəticəsində daha etibarlı şəbəkə idarəetməsi
- ✓ Yalançı həyəcanların sayının azalması, çünki ənənəvi metodlar Sİ proqnozlarının dəqiqliyini yoxlamaq üçün istifadə oluna bilər
- ✓ Resursların effektivliyi artır, çünki şəbəkə trafikinin və yüklənmənin optimal şəkildə bölüşdürülməsi təmin olunur
- ✓ Hibrid Yanaşmanın Çətinlikləri və Çağırışları
- ✓ İntegrasiyanın mürəkkəbliyi – süni intellektin ənənəvi sistemlərlə birləşdirilməsi sistemin ümumi mürəkkəbliyini artırır və tətbiqini, həmçinin texniki xidmətini çətinləşdirir
- ✓ Dəqiq və keyfiyyətli məlumatlara ehtiyac – Sİ-nin effektiv şəkildə nasazlıqları proqnozlaşdırma bilməsi üçün genişhəcmli və dəqiq məlumatlarla öyrədilməsi vacibdir, bu isə resurs baxımından bəzi başa gələ bilər
- ✓ Sİ qərarları ilə ənənəvi idarəetmə mexanizmləri arasında potensial ziddiyyətlər – bu, qərarların qəbulunda uyğunsuzluqlara səbəb ola bilər

Bu yanaşma SDN şəbəkələrinin daha etibarlı, çevik və ağıllı idarə olunmasını təmin etmək üçün balanslı bir yol təqdim edir, lakin düzgün planlama və tətbiq olmadan onun effektivliyi azala bilər.

Süni İntellektin Ənənəvi Şəbəkə İdarəetmə Yanaşmaları ilə Birləşdirildiyi Hibrid Yanaşma, SDN-də Qüsura Davamlılığın Artırılması üçün Perspektivli Həll Təklif Edir. Lakin bu yanaşma, onun effektivliyi və etibarlılığı təmin olunması üçün qarşısı alınmalı bir sıra çətinliklər də doğurur [3].

Hibrid yanaşmaların uğurla tətbiqi üçün Süni İntellekt komponentləri ilə ənənəvi şəbəkə protokolları arasında sıx qarşılıqlı əlaqə qurulmalı, eyni zamanda SI modellərinin öyrədilməsi üçün yüksək keyfiyyətli məlumatların toplanması və işlənməsinə xüsusi diqqət yetirilməlidir.

Texnologiyanın inkişafı ilə şəbəkə mühitində baş verən dəyişikliklərə uyğunlaşa bilən və reaksiya verən hibrid sistemlər, yüksək qüsura davamlılıq səviyyəsinin qorunması və şəbəkələrin etibarlı işləməsi üçün getdikcə daha vacib hala gəlir.

Gələcək Perspektivlər

SDN şəbəkələrində SI əsaslı qüsura davamlılığı daha da artırmaq üçün aşağıdakı tədqiqat istiqamətləri nəzərdən keçirilə bilər:

- Hibrid Süni İntellekt Modelləri. Dərin öyrənmə və gücləndirmə ilə öyrənmə kimi müxtəlif maşın öyrənməsi metodlarının birləşdirilməsi, daha səmərəli proqnozlaşdırma və adaptiv idarəetmə sistemlərinin yaradılmasına səbəb ola bilər.
- Avtonom Şəbəkələr. Dəyişən şəbəkə şəraitinə avtonom şəkildə uyğunlaşa və nasazlıqlardan sonra özünü bərpa edə bilən şəbəkələrin yaradılması, insan müdaxiləsini minimuma endirəcək.
- Digər Texnologiyalarla İntegrasiya. Süni intellektin blokçeyn kimi digər texnologiyalarla birləşdirilməsi təhlükəsiz və qüsura davamlı şəbəkə sistemlərinin yaradılmasına şərait yaradacaq.

NƏTİCƏ

SDN, şəbəkə texnologiyaları sahəsində çeviklik, miqyaslana bilənlik və mərkəzləşdirilmiş idarəetmə təmin edən qırılma nöqtəsi sayılır. Lakin bu yeni imkanlarla yanaşı, xüsusilə də qüsura davamlılıq və etibarlılıq sahəsində yeni çağırışlar da ortaya çıxır.

Süni intellekt, bu problemlərin həllinə real vaxtda qərar qəbul etmək və böyük həcmdə məlumatı emal etmək bacarığı sayəsində ciddi töhfə vermək gücünə malik güclü bir alət kimi meydana çıxır.

Bu məqalədə, SDN şəbəkələrində səhvlərə davamlılığın artırılması üçün süni intellektin tətbiqinə dair müxtəlif aspektlər – o cümlədən, şəbəkə nasazlıqlarının proqnozlaşdırılması, marşrutlaşdırmanın optimallaşdırılması və trafik idarəetməsi kimi mövzular araşdırılmışdır. Xüsusi diqqət isə ənənəvi şəbəkə protokolları və idarəetmə mexanizmləri ilə süni intellektin birləşdirildiyi hibrid yanaşmalara yönəldilmişdir. [5]

Süni intellektin SDN-ə gətirdiyi böyük üstünlüklərə baxmayaraq, integrasiya çətinlikləri, öyrənmə üçün yüksək keyfiyyətli məlumatlara olan ehtiyac, eləcə də təhlükəsizlik və məxfilik məsələləri hələ də əsas çağırışlar olaraq qalır.

ƏDƏBİYYAT

1. Boutaba R., Salahuddin M. A., Limam N., Ayoubi S., Shahriar N., Solano F. E., Rendon O. M. A comprehensive survey on machine learning for networking: evolution, applications and research opportunities // Journal of Internet Services and Applications, 2018. – № 9. – P. 1-99. <https://doi.org/10.1186/s13174-018-0087-2>.
2. Шелухин О.И., Ерохин С.Д., Ванюшина А.В. Классификация IP-трафика методами машинного обучения. Под ред. О.И. Шелухина. М.: Горячая линия – Телеком, 2018.–282 с.
3. Xie J. et al. A Survey of Machine Learning Techniques Applied to Software Defined Networking (SDN): Research Issues and Challenges // IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2018. P. 393-430. <https://doi.org/10.1109/comst.2018.2866942>.
4. Mohammed A.R., Mohammed S.A. and Shirmohammadi S. Machine Learning and Deep Learning Based Traffic Classification and Prediction in Software Defined Networking // Proc. 2019 IEEE International Symposium on Measurements & Networking (M&N). – P. 1-6. <https://doi.org/10.1109/IWMN.2019.8805044>
5. Latah M., Toker L. Artificial Intelligence Enabled Software Defined Networking: A Comprehensive Overview // IET Networks, 2018. – V. 8. <https://doi.org/10.1049/ietnet.2018.5082>

ANALYSIS AND EVALUATION OF AI-BASED MONITORING AND DEEP LEARNING ALGORITHMS IN SDN NETWORKS

SUMMARY

Samina Rustamova

This paper explores the potential and application of Artificial Intelligence (AI)-based monitoring and deep learning algorithms in enhancing fault tolerance within Software-Defined Networks (SDNs). While SDN technology offers flexibility and centralized control by separating control and data planes, it also introduces new challenges such as controller failures, bottlenecks, and increased vulnerability to attacks. AI emerges as a powerful tool to address these challenges through real-time analysis, prediction, and adaptive responses. The study evaluates methods such as deep learning, reinforcement learning (RL), and time series analysis for predicting failures and managing traffic adaptively. The integration of AI into SDN is shown to provide advantages not only in terms of reliability but also in improving network performance and security. Special emphasis is placed on

hybrid approaches that combine AI with traditional network management mechanisms. These hybrid models are examined in terms of their capabilities and limitations, offering insights into future directions for building autonomous and resilient network infrastructures.

Keywords: Artificial Intelligence, SDN, monitoring, deep learning, machine learning, reinforcement learning, failure prediction, adaptive management, hybrid approach, network security

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И АЛГОРИТМОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В СЕТЯХ SDN

РЕЗЮМЕ

Самина Рустамова

В данной статье рассматриваются возможности и применение мониторинга на основе искусственного интеллекта (ИИ) и алгоритмов глубокого обучения для повышения отказоустойчивости в сетях с программно-определяемой архитектурой (SDN). Технология SDN обеспечивает гибкость и централизованное управление за счёт разделения плоскостей управления и передачи данных, однако одновременно вызывает новые вызовы, такие как сбои контроллера, узкие места и уязвимость к атакам. ИИ выступает мощным инструментом, способным решать эти проблемы благодаря анализу данных в реальном времени, прогнозированию и адаптивному реагированию. В статье рассматриваются методы глубокого обучения, обучения с подкреплением (RL) и анализа временных рядов для прогнозирования сбоев и адаптивного управления трафиком. Показано, что интеграция ИИ в SDN повышает не только надёжность, но и уровень безопасности и производительности сети. Особое внимание уделяется гибридным подходам, сочетающим ИИ с традиционными механизмами управления, а также обсуждаются их преимущества, ограничения и перспективы развития автономных и устойчивых сетей будущего.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, SDN, мониторинг, глубокое обучение, машинное обучение, обучение с подкреплением, прогнозирование сбоев, адаптивное управление, гибридный подход, сетевая безопасность

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ «УМНОГО ЗДАНИЯ» В ОРГАНИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ БИБЛИОТЕЧНЫХ УСЛУГ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537551>

MƏMMƏDOVA SEVDA

sevda_memmedli@mail.ru

ORCID: [0000-0001-9469-5744](https://orcid.org/0000-0001-9469-5744)

Bakı Dövlət Universiteti

РЕЗЮМЕ

Социально-культурных, экономических и общественных изменений, происходящих в информационную эпоху, одним из слов, вошедших в нашу жизнь и произносимых с каждым днем, является понятие «умный». Сегодня эта концепция нашла применение во многих дисциплинах. Наряду с ежедневным обновлением технологий происходят важные изменения в сфере создания интеллектуальных зданий. Благодаря внедрению интеллектуальной концепции в здания, многообразие появляющихся конструкций создает впечатление, что жизнь человека станет проще. Новые обязанности, возложенные на библиотеки в эпоху информации, заставили их приложить больше усилий для самопринятия. В библиотеках может быть интересно расставить приоритеты в зданиях, чтобы пользователи могли адаптироваться к этим изменениям. Умные библиотечные здания преобразили архитектуру библиотек из статичной и пассивной конструкции, энергосберегающей в конструкцию высочайшего уровня, оснащенную множеством новых технологических устройств, отличающуюся прозрачностью, удобством для пользователя, открытостью для инновационных изменений, доступностью и простотой использования.

В исследовании на основе фактов подробно изучалось возникновение концепции умной библиотеки. При этом были проанализированы научные подходы различных зарубежных авторов к данной концепции, а также перечислены компоненты, имеющие большое значение для создания интеллектуальных библиотек. Особо была подчеркнута важность инициативы академических библиотек по использованию новых технологий для обслуживания читателей и применения интеллектуальных библиотечных систем, которые составляют основу интеллектуальных библиотек.

Ключевые слова: *академические библиотеки, умные библиотеки, умные библиотечные здания, концепция умного города, информационно-коммуникационные технологии*

Развитие информационно-коммуникационных технологий лежит в основе деятельности интеллектуальных библиотек, а стремительное развитие этих технологий привело к созданию систем, интегрируемых во все сферы жизни. Применение многих технологий интеллектуального строительства в библиотечных помещениях более эффективно. Концепция «smart города» возникла в последнее десятилетие как объединение идей о том, как информационно-коммуникационные технологии могут улучшить функционирование городов, повышая их эффективность, конкурентоспособность и предлагая новые пути решения проблем бедности, социальных лишений и плохой экологии (Harrison и др., 2010) Суть идеи

заключается в необходимости координации и интеграции технологий, которые до сих пор разрабатывались отдельно друг от друга, но имеют очевидный синергетический эффект в своей работе и должны быть объединены, чтобы можно было реализовать множество новых возможностей, которые улучшат качество жизни. Термин интеллектуальный город на самом деле имеет много лиц [S. Sassen, 2011].

Умные города, виртуальные города, цифровые города, информационные города - все они отражают идею о том, что ИКТ играют центральную роль в функционировании города будущего. Важнейшим направлением нашего подхода является использование ИКТ для вовлечения общества с помощью различных инструментов и инициатив, основанных на онлайн-вовлечении в решение ключевых проблем городов, с использованием компьютерных инструментов, технологий, методов и организационных структур.

Термин «умная библиотека» используется для определения модели будущих библиотек как важного компонента концепции «умные города», особенно в культурном, социальном и академическом аспектах. Эта концепция фокусируется на интеграции цифровых процессов в общественную инфраструктуру, и эта интеграция позволяет городам трансформироваться в более «умную» инфраструктуру, то есть в более эффективную, ресурсосберегающую, гибкую, устойчивую, зеленую и социально интеллектуальную структуру. Выполняя свои основные функции, современные библиотеки используют соответствующие элементы как в интерьере зданий, так и в предоставляемых информационных услугах, чтобы адаптироваться к техническим достижениям, происходящим в меняющемся мире.

В этой связи крайне важно определить требования как к реконструкции существующих библиотечных зданий, так и к планируемому строительству новых библиотечных зданий. В то же время уже построенные библиотечные здания должны быть перепроектированы, организованы и спланированы в соответствии с современными стандартами. Фолкнер-Браун, британский архитектор, работающий над архитектурой библиотек, выделил десять ключевых элементов, которые следует включить в планирование библиотеки, в ходе своего выступления на семинаре, организованном Департаментом библиотечных зданий и оборудования ИФЛА. (Faulkner-Brown, 1997, pp. 9-31) В то же время А.Макдональд на своих исследованиях перечислил десять элементов, необходимых для новых библиотечных зданий: функциональные, адаптивные, доступные, разнообразные, интерактивные, проницаемые, экологически чистые, безопасные, эффективные и адаптируемые для информационных технологий (McDonald, 2000, pp. 51-79) .

Функции, которые необходимы для существования библиотечных зданий, но изменяются в зависимости от изменяющихся условий, считаются техническими элементами библиотечных зданий. В этом контексте основными элементами, определенными относительно физической структуры библиотечных зданий в соответствии с концепцией «Интеллектуальные библиотеки», являются следующие:

Адаптируемое библиотечное пространство

Адаптируемая структура зданий «умных библиотек» связана с возможностью замены «умных» приложений существующими системами или оснащения физического пространства «умными» технологиями. Адаптация является одним из важнейших элементов умных библиотек с точки зрения адаптации к умным технологиям. При проектировании зданий «умных библиотек» этот элемент также имеет решающее значение для устойчивости здания с точки зрения удовлетворения постоянно меняющихся потребностей пользователей.

Информационные услуги в интеллектуальных библиотечных зданиях

Информационные услуги в интеллектуальных зданиях подразделяются на Интернет вещей, интеллектуальные дисплеи, системы географической навигации/поиска пути/маршрутизации, интеллектуальные датчики, RFID/управление запасами, цифровые вывески, аудиовывески и смарт-карты. Помимо этих услуг, к числу таких услуг относятся также системы самообслуживания (умные пункты возврата книг), компьютерное зрение, виртуальная справочная система, индивидуальные пользовательские комнаты и мультимедийные комнаты.

Библиотеки больше не оцениваются исключительно по размеру их фондов и физической структуре. Таким образом, библиотеки должны поддерживать свою значимость посредством услуг, которые они предоставляют в соответствии со своими целями. Одной из целей интеллектуальных библиотечных услуг является анализ конкретных данных, полученных от обслуживаемых пользователей, определение текущего поведения пользователей и планирование будущего использования.

Системы самообслуживания

Системы самообслуживания — это, как правило, тип сервиса, позволяющий пользователям самостоятельно брать и возвращать документы. Система, называемая в интеллектуальных библиотечных сервисах «умными пунктами сдачи», позволяет пользователям осуществлять операции по аренде и возврату без присутствия сотрудников библиотеки. Благодаря смарт-картам, еще одной интеллектуальной технологии, пользователи могут совершать транзакции, сканируя свои персональные данные в пункте возврата смарт-документов. Системы самообслуживания также могут работать совместно с интеллектуальными библиотечными системами, такими как RFID. Умные точки высадки могут быть подняты на подходящую высоту для пользователей с ограниченными физическими возможностями.

Компьютерное зрение (Computer Vision)

Системы компьютерного зрения распознают и классифицируют данные от движущихся или неподвижных объектов, используя визуальное восприятие. Системы по-прежнему основаны на передаче человеческих способностей машинам. В нашей повседневной жизни эти системы можно связать с процессами компьютерного зрения, с которыми мы сталкиваемся в таких объектах, как Apple Photos, Instagram, Snapchat, теги фотографий в Facebook, считывание номерных знаков, механизмы обнаружения целей, используемые в дронах, а также системы компьютерного зрения, такие как OCR (оптические считыватели символов), используемые в библиотеках. Компьютерное зрение помогает компьютерам

понимать и интерпретировать метки и изображения. Когда вы обучаете свой компьютер с помощью правильных изображений, он приобретает способность обнаруживать, понимать и идентифицировать различные черты лица, выявлять заболевания и управлять автономными транспортными средствами. Системы OCR — это системы компьютерного распознавания отсканированных текстов и преобразования их в текстовые форматы. Системы компьютерного зрения способны распознавать и классифицировать информацию не только из текстового формата, но и из данных в формате фотографий или видео.

В библиотеках с большой плотностью пользователей и большими размерами зданий системы компьютерного зрения также могут использоваться для обеспечения более быстрой работы персонала. Эта система позволяет автомобилям, припаркованным на парковке библиотеки, быстро и безопасно въезжать и выезжать с помощью считывателей номерных знаков, а системы распознавания лиц, внедренные в зданиях, обеспечивают систематический контроль над графиками смен и перерывов сотрудников.

VIP-комнаты

В университетах существуют обширные группы пользователей. Хотя библиотеки обычно состоят из общих рабочих зон, организованных для пользователей, они также могут быть организованы как учебные или рабочие среды для отдельных или групповых пользователей.

В отдельных комнатах для пользователей создается среда, в которой учащиеся могут читать книги на низкой громкости, не мешая другим людям, работающим в библиотеке. Помещения должны быть оборудованы соответствующим образом для работы с группами, и во многих помещениях должны быть созданы подходящие условия для просмотра видео. В зданиях «умных библиотек» индивидуальные комнаты для пользователей или комнаты для групповых занятий предоставляются с помощью смарт-карт, содержащих информацию о пользователях. Номера активируются через систему бронирования с помощью идентификатора пользователя, что позволяет им воспользоваться этой специальной зоной.

Мультимедийные комнаты

Мультимедийная комната — это комната, где в качестве услуги предоставляются документальные фильмы, музыка и многие другие элементы мультимедиа. Пользователи могут использовать медиа возможности в этих областях по темам, которые им интересны, или арендовать материалы в этой области. Отличие этой услуги, представляющей собой разновидность VIP-комнаты, от других заключается в том, что технологическая инфраструктура уже готова к приему пользователей.

Эти залы, своего рода интеллектуальная библиотечная служба, предоставляются пользователям через систему бронирования. Мультимедийные залы также позволяют просматривать диски CD (компакт-диски), DVD (цифровые универсальные диски) и VCD (видеокомпакт-диски) из библиотечной коллекции. Помимо существующих конференц-залов, в университетах также имеются специальные служебные зоны, где широко используются интеллектуальные технологии.

При проектировании мультимедийных помещений следует учитывать такие факторы, как акустика, акустический шум, динамическое освещение и использование удобных сидений.

Положительное влияние систем умного здания на библиотеки

Smart библиотеки, созданные путем адаптации систем умных зданий к библиотекам, предлагают своим пользователям множество позитивных возможностей. Эти преимущества расширяют возможности использования библиотек для удовлетворения информационных потребностей людей.

Использование технологий интеллектуального строительства в библиотечном обслуживании имеет важное значение для каждого элемента: здания, фонда, пользователя, бюджета и персонала. Трансформация доступа к информации в различные форматы изменила и методы обслуживания в библиотеках. С интеграцией интеллектуальных технологий в библиотечные здания сформировалась структура интеллектуальных библиотечных зданий.

В то время как в классических библиотечных услугах простые статистические данные, такие как количество книг, выданных пользователям, и количество пользователей, пользующихся библиотекой, иногда можно было получить только путем наблюдения, в интеллектуальных библиотечных услугах какие материалы доступны пользователям, которые приходят в библиотеку? Вы можете получить информацию о том, как долго они пользуются библиотекой и какие разделы библиотеки посещаются чаще всего. Таким образом, измеримые услуги с помощью интеллектуальных систем могут оценить использование библиотеки и предоставить информацию о тех областях, где услуги необходимо улучшить.

Самым важным преимуществом систем интеллектуального здания с точки зрения библиотечных фондов является защита и управление библиотечными фондами с помощью этих технологий. Благодаря интеллектуальным системам можно снизить нагрузку на сотрудников, обеспечив при этом эффективное использование времени при управлении финансами. Использование этих систем в зданиях «умных библиотек» также способствует развитию страны и окружающей среды, принося экономические выгоды. Расходы на строительство можно сократить за счет эффективного использования таких систем, как освещение, отопление, охлаждение и кондиционирование воздуха. Это позволит нам извлекать пользу из окружающей среды, не тратя ее впустую, за счет эффективного использования энергии.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Faulkner-Brown, H.: "Some thoughts on the design of major library buildings". In: Intelligent Library Buildings: Marie-Françoise Bisbrouck and M. Chauveinc (eds). Proceedings of the 10th seminar of the IFLA Section on Library Buildings and Equipment, The Hague, Netherlands, August, 1997. München : Saur, 1999, pp. 9-31.
2. McDonald, A. C.: "Planning academic library buildings for a new age: some principles, trends and developments in the United Kingdom". Advances in Librarianship 24 (2000), 51-79.

3. Harrison, C., Eckman B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak J., Williams, P., Foundations for Smarter Cities. IBM Journal of Research and Development 54, 1 (2010)
4. Sassen S., Talking Back to Your Intelligent City. (<http://whatmatters.mckinseydigital.com/cities/talking-back-to-your-intelligent-city>) (2011)

XÜLASƏ

İnformasiya əsrində baş verən sosial-mədəni, iqtisadi və sosial dəyişikliklər fonunda həyatımıza daxil olan və daha çox istifadə olunan ifadələrdən biri də məhz “ağıllı” anlayışdır. Hazırda bu konsepsiya bir çox sahələrdə geniş tətbiq tapmışdır. Müasir dövrdə texnologiyanın durmadan inkişafı ilə yanaşı ağıllı binaların yaradılması sahəsində də mühüm dəyişikliklər baş verməkdədir. Ağıllı konseptləri məhz binalara tətbiq etməklə ortaya çıxan dizaynların müxtəlifliyi insan həyatının getdikcə asanlaşacağı təəssüratını yaradır. İnformasiya əsrində kitabxanaların üzərinə düşən yeni vəzifələr onları özlərini qəbul etmək üçün daha çox səy göstərməyə məcbur etdi. Məhz kitabxanalar da istifadəçilərin bu dəyişikliklərə uyğunlaşmasına şərait yaratmaq nöqtəyi-nəzərindən ağıllı kitabxana binalarının yaradılmasını prioritet vəzifə kimi qəbul edirlər. Ağıllı kitabxana binaları kitabxana arxitekturasını statik və passiv enerjiyə qənaət edən, öz şəffaflığı ilə seçilən, istifadəçinin rahatlığını nəzərdə tutan, innovativ dəyişikliklərə açıqlığı, əlçatanlığı və istifadənin asanlığı ilə xarakterizə olunan müxtəlif yeni texnoloji qurğularla təchiz edilmiş yüksək səviyyəli struktura çevirməyə imkan verir.

Tədqiqatda ağıllı kitabxana konsepsiyasının meydana gəlməsi geniş şəkildə faktlara əsaslanaraq araşdırılmışdır. Eyni zamanda müxtəlif əcnəbi müəlliflərin elmi cəhətdən bu anlayışa yanaşmaları analiz edilmiş, ağıllı kitabxanaların yaradılması üçün mühüm əhəmiyyət daşıyan komponentlər sadalanmışdır. Məhz akademik kitabxanaların oxuculara xidmət istiqamətində yeni texnologiyalardan istifadə etmək təşbüsününün, ağıllı kitabxana binalarının əsasını təşkil edən ağıllı kitabxana sistemlərinin tətbiqinin əhəmiyyəti xüsusilə vurğulanmışdır.

Açar söz: *akademik kitabxanalar, ağıllı kitabxanalar, ağıllı kitabxana binaları, ağıllı şəhər konsepsiyası, informasiya -kommunikasiya texnologiyaları*

Practical significance of “smart building” technologies in the organization of smart library services

ABSTRACT

Against the background of socio-cultural, economic and social changes taking place in the information age, one of the most frequently used expressions that have entered our lives is the concept of “smart”. Nowadays, this concept has found wide application in many disciplines. Nowadays, along with the constant development of technology, there are also important developments in the field of smart buildings. The variety of designs that emerge by applying smart concepts to buildings creates the impression that human life will become easier. The new responsibilities given to libraries in the information age have made libraries make more efforts to

embrace themselves. Libraries also see the creation of smart library buildings as a priority in terms of enabling users to adapt to these changes. Intelligent library buildings enable the transformation of library architecture into a high-end structure that is static and passively energy efficient, is transparent, designed for user convenience, and equipped with various new technological devices characterized by openness to innovative change, accessibility, and ease of use.

The fact-based study examined in detail the emergence of the smart library concept. At the same time, the scientific approaches of various foreign authors to this concept were analyzed, and the components that are important for the creation of intelligent libraries were listed. The importance of the initiative of academic libraries in using new technologies to serve readers and applying intelligent library systems, which form the basis of intelligent library buildings, was especially emphasized.

Key words : *academic libraries, smart libraries, smart library buildings, smart city concept*

MÜASİR TƏHSİL TEXNOLOGİYALARINA İNTELLEKTUAL SİSTEMLƏRİN İNTEQRASIYASI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537574>

Sevda Aydın qızı Xaspoladova

sevdaxaspoladova61@mail.ru

ADU

Azərbaycan, Bakı

XÜLASƏ

XXI əsrdə texnologiyanın sürətli inkişafı insan həyatının bütün sahələrinə olduğu kimi, təhsil sahəsinə də dərinlən təsir göstərmiş və bu sahədə fundamental dəyişikliklərə yol açmışdır. Ənənəvi təlim modelləri artıq müasir dövrün tələblərinə tam cavab vermədiyindən, bu modellər tədricən rəqəmsallaşmış və intellektual texnologiyalara əsaslanan çevik və interaktiv sistemlərlə əvəz olunmağa başlamışdır. Bu məqalədə müasir təhsil texnologiyalarına intellektual sistemlərin inteqrasiyası məsələsi diqqət mərkəzində saxlanılır. Məqsəd süni intellektə əsaslanan, tələbə davranışını təhlil edən, fərdi öyrənmə ehtiyaclarına uyğunlaşa bilən və həmin təhlillərə əsasən real vaxtda geribildirim verən kompleks sistemləri araşdırmaqdır. Bu texnologiyalar öyrənmə prosesini yalnız sadələşdirmir, həm də onu daha məqsədyönlü, effektiv və şəxsiyyətə yönəlmiş və əziyyətə gətirir. İntellektual təhsil sistemlərinin əsas üstünlükləri arasında fərdiləşdirilmiş öyrənmə modellərinin qurulması, avtomatlaşdırılmış və obyektiv qiymətləndirmə imkanlarının yaradılması, öyrənmə analitikasına əsaslanan məlumatlı qərarların verilməsi və süni intellekt dəstəklili virtual təlim mühitlərinin tətbiqi xüsusi qeyd olunur. Bu sistemlər tələbənin təhsil prosesindəki rolunu passiv dinləyicidən aktiv iştirakçıya çevirərək, onun bilik səviyyəsi, öyrənmə tərzini və irəliləyiş dinamikasına uyğun fərdi yanaşmanı təmin edir. Eyni zamanda, müəllimlərə də tələbənin inkişaf yolunu daha aydın şəkildə görmək və dəstəkləyici müdaxilələr etmək imkanı verir. Məqalədə qeyd edilir ki, intellektual sistemlərin təhsilə tətbiqi təkcə texnoloji yenilik deyil, həm də dərin pedaqoji transformasiyanın bir hissəsidir. Bu yanaşma müəllim və tələbə münasibətlərində yeni rol bölgüsünün formalaşmasına, öyrənmə prosesində qarşılıqlı əməkdaşlığın artmasına və daha şəffaf, ədalətli və bacarıq əsaslı təhsil modelinin qurulmasına gətirib çıxarır. Gələcəkdə bu texnologiyaların geniş miqyasda tətbiqi təhsilin keyfiyyətini yüksəltməklə yanaşı, fərdi potensialların üzə çıxarılmasına və cəmiyyətin ümumi intellektual inkişafına töhfə verəcəkdir.

Açar sözlər: İntellektual təhsil sistemləri, süni intellekt, fərdiləşdirilmiş öyrənmə, rəqəmsal transformasiya, təhsil texnologiyaları

XXI əsrdə texnoloji irəliləyişlər insan fəaliyyətinin bütün sahələrində olduğu kimi təhsil sahəsində də əsaslı və əhəmiyyətli dəyişikliklərə yol açmışdır. Rəqəmsal transformasiya, informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının (İKT) geniş tətbiqi, süni intellekt və avtomatlaşdırma sistemlərinin inkişafı təhsil prosesinə də yeni nəfəs gətirmişdir. Ənənəvi təlim modelləri müəllim mərkəzli, standartlaşdırılmış və eyni yanaşmanı hamıya

tətbiq edən sistemlər artıq müasir dövrün tələblərinə tam cavab vermir. Bunun əvəzində texnologiyaların təhsilə integrasiyası ilə fərdiləşdirilmiş, çevik, interaktiv və tələbəyönümlü öyrənmə modelləri ön plana çıxmışdır. İntellektual sistemlər süni intellektə əsaslanan öyrənmə platformaları, adaptiv qiymətləndirmə alətləri, tədris analizləri aparan proqramlar fərdi öyrənmə tərzlərini və tələbatlarını nəzərə almaqla, hər bir tələbəyə uyğun məzmun və tapşırıqlar təqdim etməyə imkan verir. Bu sistemlər öyrənmə prosesini daha effektiv, motivasiyaedici və davamlı edir. Təhsildə rəqəmsallaşma müəllimlərin rolunu dəyişərək onları yalnız bilik ötürücüsü deyil, həm də bələdçi, fasilitator və mentor funksiyasında çıxış etməyə təşviq edir. Tələbələr isə daha çox iştirakçı, öyrənmənin aktiv subyekti kimi formalaşır. Yeni texnologiyaların tətbiqi nəticəsində qiymətləndirmə üsulları da inkişaf etmişdir. Real vaxtda geribildirim, öyrənmə analitikası, eləcə də avtomatik yoxlama sistemləri tədris prosesinin şəffaflığını və səmərəliliyini artırır. Beləliklə, texnologiyanın və xüsusilə də intellektual sistemlərin təhsilə integrasiyası yalnız texnoloji yenilik deyil, eyni zamanda pedaqoji dəyişikliklərin əsasını qoyaraq, gələcəyin təhsil modelinin formalaşmasında mühüm rol oynayır.

İntellektual təhsil sistemləri - süni intellekt texnologiyalarına əsaslanan, fərdi öyrənmə ehtiyaclarına çevik şəkildə uyğunlaşma qabiliyyətinə malik, tələbənin davranış və fəaliyyətlərini izləyərək bu məlumatlar əsasında avtomatlaşdırılmış geribildirim verən müasir təhsil vasitələridir. Bu sistemlər öyrənənin bilik səviyyəsini, öyrənmə sürətini, məzmunla qarşılıqlı əlaqəsini və səhvlərini analiz edərək ona ən uyğun tədris strategiyasını təqdim edir. Ənənəvi "bir yanaşma hamıya uyğundur" modelindən fərqli olaraq, intellektual təhsil sistemləri fərdiləşdirilmiş öyrənmə mühiti yaratmaqla tələbələrin tədris materialını daha yaxşı mənimsəməsinə, motivasiyalarının artırılmasına və akademik nəticələrinin yüksəldilməsinə kömək edir (Anderson, s. 97). Bu cür sistemlər eyni zamanda müəllimlər üçün də güclü dəstək vasitəsidir. Müəllimlər tələbələrin öyrənmə prosesini real vaxtda izləyə, zəif və güclü tərəflərini müəyyən edə və tədris planlarını buna uyğun olaraq tənzimləyə bilirlər. Süni intellektin analiz imkanları sayəsində tədris yalnız nəticəyə deyil, həm də prosesə əsaslanaraq daha əhatəli və məqsədyönlü olur. Bu xüsusiyyətlər intellektual təhsil sistemlərini XXI əsrin təhsil ehtiyaclarına cavab verən mühüm innovativ yanaşmalardan birinə çevirir. Bu sistemlər aşağıdakı sahələrdə geniş istifadə olunur:

Fərdiləşdirilmiş öyrənmə. İntellektual təhsil sistemlərinin əsas üstünlüklərindən biri fərdiləşdirilmiş öyrənmə imkanları yaratmasıdır. Bu yanaşmada tələbələrin biliyi mənimsəmə səviyyəsi, öyrənmə sürəti, maraq dairəsi və öyrənmə tərzinə nəzərə alınaraq onlara uyğun tədris məzmunu təqdim olunur. Süni intellekt texnologiyaları vasitəsilə sistemlər tələbənin fəaliyyətini analiz edir, zəif və güclü tərəflərini müəyyənləşdirir və bu məlumatlara əsasən məzmunu fərdiləşdirir. Beləliklə, hər bir tələbə öz öyrənmə tempinə uyğun şəkildə irəliləyir və bu, həm motivasiya, həm də nailiyyət səviyyəsini artırır.

Avtomatlaşdırılmış qiymətləndirmə. Süni intellektin (AI) tətbiqi qiymətləndirmə prosesini də daha səmərəli və obyektiv edir. Ənənəvi qiymətləndirmə üsulları ilə müqayisədə AI sistemləri test və yazı işlərini sürətli və dəqiq şəkildə qiymətləndirə bilir. Təbii dil emalı (Natural Language Processing) texnologiyası sayəsində esse, məqalə və açıq tipli suallara verilən cavablar semantik baxımdan təhlil olunaraq qiymətləndirilir. Bu,

müəllimlərin iş yükünü azaltmaqla yanaşı, tələbələrə vaxtında və əhatəli geribildirim verilməsinə şərait yaradır.

Öyrənmə analitikası. Öyrənmə analitikası tələbələrin təhsil fəaliyyətlərini izləyərək, onların gələcək akademik uğurları barədə proqnozlar verir. AI əsaslı sistemlər tələbələrin mövzu üzrə fəallığı, suallara cavab vermə tezliyi, səhv etmə meylləri və öyrənmədə qarşılaşdıqları çətinlikləri təhlil edir. Bu təhlillər həm tələbəyə, həm də müəllimə real vaxtda məlumat verərək, lazımi müdaxilələrin edilməsinə imkan yaradır. Beləliklə, problemin erkən mərhələdə aşkarlanması və aradan qaldırılması təhsilin keyfiyyətini yüksəldir.

Virtual təlim mühitləri. İntellektual təhsil sistemlərinin mühüm komponentlərindən biri də virtual təlim mühitləridir. Bu mühit daxilində fəaliyyət göstərən intellektual tyutor sistemləri və çatbotlar (chatboat) tələbələrin suallarını cavablandırmaq, onlara istiqamət vermək və təlimdə dəstək olmaq kimi funksiyaları yerinə yetirirlər. Çatbotlar daima fəaliyyət göstərərək tədris prosesinin fasiləsizliyini təmin edir və tələbələrin hər an dəstək almasına şərait yaradır. İntellektual tyutor sistemləri isə insanın (müəllimin) rolunu qismən əvəz edərək, tələbəyə fərdi şəkildə dərs deyərək və onun inkişafını izləyə bilir (Anderson, s. 97).

Müasir təhsil texnologiyaları, o cümlədən elektron dərsliklər, virtual siniflər və interaktiv platformalar artıq təhsildə geniş tətbiq olunur. Bu texnologiyalara intellektual sistemlərin inteqrasiyası aşağıdakı üstünlükləri təmin edir:

- Effektiv öyrənmə prosesinin təşkili → real vaxtda analiz və geribildirim;
 - Motivasiyanın artırılması → oyuna əsaslanan təlim və fərdiləşdirilmiş tapşırıqlar;
 - Dəyərləndirmədə obyektivlik → qiymətləndirmədə insan qərəzinin minimuma endirilməsi;
 - Ölçətanlığın artırılması → fiziki məhdudiyyətlərə baxmayaraq təhsilə çıxış imkanı.
- Bu sistemlərin tətbiqi ilə yanaşı, bir sıra çağırışlar da mövcuddur (Kay, s. 10). Məsələn:
- Texnoloji infrastrukturun zəifliyi;
 - Müəllim və tələbələrin rəqəmsal bacarıqlarının aşağı səviyyədə olması;
 - Məlumat təhlükəsizliyi və şəxsi məlumatların qorunması məsələlər.

Buna baxmayaraq, dünya üzrə qabaqcıl təhsil sistemlərində intellektual sistemlər artıq strateji prioritetə çevrilmişdir. İntellektual sistemlərin müasir təhsil texnologiyalarına inteqrasiyası təhsil prosesinin daha çevik, effektiv və şəffaf şəkildə təşkilinə mühüm töhfələr verir. Bu sistemlər vasitəsilə müəllim və tələbə arasında qarşılıqlı əks-əlaqə daha interaktiv səciyyə daşıyır. Süni intellektin, öyrənmə analitikasının, fərdiləşdirilmiş öyrənmə alqoritmlərinin və adaptiv platformaların tətbiqi nəticəsində təhsil artıq yalnız informasiyanın ötürülməsi prosesi deyil, həm də tələbənin şəxsi inkişafı və bacarıq potensialının reallaşdırılması istiqamətində formalaşır. Bu texnologiyalar müəllimin rolunu nəinki dəyişir, hətta genişləndirir. Müəllim artıq bilik mənbəyi deyil, istiqamətverici, mentor və dəstəkçi funksiyasını icra edir. Tələbə isə passiv bilik alıcısı olmaqdan çıxaraq, öyrənmə prosesinin fəal iştirakçısına çevrilir. Beləliklə, intellektual sistemlər pedaqoji münasibətləri yenidən qurur, müəllim və tələbə münasibətlərini demokratikləşdirir və daha fərdiləşdirilmiş təhsil imkanları yaradır. Bu sistemlərin tətbiqi sadəcə texnoloji yenilik kimi deyil, pedaqoji transformasiya kimi qiymətləndirilməlidir. Çünki bu yanaşma öyrənməyə münasibəti, müəllim-tələbə münasibətlərini, tədris metodlarını və qiymətləndirmə mexanizmlərini köklü şəkildə dəyişir. Gələcəkdə bu sistemlərin daha geniş miqyasda tətbiqi

nəticəsində təhsildə daha çox şəxsiyyət yönümlü, yəni tələbənin maraqları, qabiliyyətləri və öyrənmə tərzinə əsaslanan, həmçinin bacarıq mərkəzli, yəni yalnız nəzəri biliklərlə deyil, praktiki bacarıqlarla zənginləşdirilən modelə çevriləcəkdir. Bu dəyişikliklər təhsil sisteminin yalnız keyfiyyətini yüksəltmək deyil, həm də daha inklüziv, bərabər və davamlı inkişaf edən bir cəmiyyətin formalaşmasına xidmət edir. Beləliklə, intellektual sistemlərin təhsilə inteqrasiyası təkcə texnoloji inkişaf deyil, həm də sosial və mədəni yenilənmə kontekstində qiymətləndirilməlidir.

ƏDƏBİYYAT

1. Anderson, T., & Dron, J. (2011). Three generations of distance education pedagogy. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 12(3), 80–97.
2. Baker, R. S. J. d., & Inventado, P. S. (2014). Educational data mining and learning analytics. In *Learning Analytics*, 61–75
3. Brusilovsky, P., & Millán, E. (2007). User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems. In *The Adaptive Web*, 3–53
4. Heffernan, N. T., & Heffernan, C. L. (2014). The ASSISTments Ecosystem: Building a platform that brings scientists and teachers together for minimally invasive research on human learning and teaching. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 24(4), 470–497
5. Kay, D., & LeSage, A. (2009). Examining the benefits and challenges of using artificial intelligence in higher education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 2(1), 1–10.
6. Selvi, K. (2010). Teachers' competencies. *Cultura. International Journal of Philosophy of Culture and Axiology*, 7(1), 167–175.
7. UNESCO. (2021). *Artificial Intelligence and Education: Guidance for policy-makers*. Paris: UNESCO Publishing.

SUMMARY

The rapid development of technology in the 21st century has had a profound impact on all areas of human life, including the field of education, and has led to fundamental changes in this area. Since traditional learning models no longer fully meet the requirements of the modern era, these models have gradually begun to be replaced by flexible and interactive systems based on digitalized and intelligent technologies. This article focuses on the issue of integrating intelligent systems into modern educational technologies. The goal is to explore complex systems based on artificial intelligence, analyzing student behavior, adapting to individual learning needs, and providing real-time feedback based on these analyses. These technologies not only simplify the learning process, but also make it more purposeful, effective and person-oriented. Among the main advantages of intelligent educational systems, the establishment of personalized learning models, the creation of automated and objective assessment capabilities, the provision of informed decisions based on learning analytics and the

application of artificial intelligence-supported virtual learning environments are especially noted. These systems transform the student's role in the educational process from a passive listener to an active participant, providing an individual approach tailored to his or her level of knowledge, learning style, and progress dynamics. At the same time, they also allow teachers to see the student's development path more clearly and make supportive interventions. The article notes that the application of intelligent systems to education is not only a technological innovation, but also part of a deep pedagogical transformation. This approach leads to the formation of a new division of roles in teacher-student relations, increased mutual cooperation in the learning process, and the establishment of a more transparent, fair and skill-based education model. In the future, the large-scale application of these technologies will not only improve the quality of education, but also contribute to the disclosure of individual potential and the general intellectual development of society.

Keywords: *Intelligent education systems, artificial intelligence, personalized learning, digital transformation, educational technologies*

РЕЗЮМЕ

Стремительное развитие технологий в XXI веке оказало глубокое влияние на все аспекты жизни человека, включая сферу образования, и привело к фундаментальным изменениям в этой области. Поскольку традиционные модели обучения уже не в полной мере отвечают требованиям современной эпохи, их постепенно начали заменять гибкие и интерактивные системы, основанные на цифровизации и интеллектуальных технологиях. В данной статье рассматривается интеграция интеллектуальных систем в современные образовательные технологии. Цель состоит в том, чтобы исследовать сложные системы на основе искусственного интеллекта, которые могут анализировать поведение учащихся, адаптироваться к индивидуальным потребностям обучения и предоставлять обратную связь в режиме реального времени на основе этого анализа. Эти технологии не только упрощают процесс обучения, но и делают его более целенаправленным, эффективным и персонализированным. Среди основных преимуществ интеллектуальных образовательных систем следует особо отметить создание персонализированных моделей обучения, создание автоматизированных и объективных возможностей оценки, принятие обоснованных решений на основе аналитики обучения, а также реализацию виртуальных учебных сред, поддерживаемых искусственным интеллектом. Эти системы трансформируют роль студента в образовательном процессе из пассивного слушателя в активного участника, обеспечивая индивидуальный подход, соответствующий уровню его знаний, стилю обучения и динамике прогресса. В то же время это позволяет учителям более четко видеть путь развития ученика и оказывать ему поддержку. В статье отмечается, что применение интеллектуальных систем в образовании является не только технологической инновацией, но и частью глубокой педагогической трансформации. Такой подход приводит к формированию нового разделения ролей в отношениях между учителем и учеником, усилению взаимного сотрудничества в процессе обучения и созданию более прозрачной, справедливой и компетентностно-ориентированной модели образования. В перспективе широкое

применение этих технологий не только повысит качество образования, но и будет способствовать раскрытию индивидуального потенциала и общему интеллектуальному развитию общества.

Ключевые слова: Интеллектуальные образовательные системы, искусственный интеллект, персонализированное обучение, цифровая трансформация, образовательные технологии

TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞINDA MOBİL PLAKA TESPİT VE BİLGİLENDİRME SİSTEMİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537586>

Sümeyye BAYRAKDAR

sumeeyebayrakdar@duzce.edu.tr

Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

Alican KOÇ

Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

ÖZET

Bu çalışma, ADR plakalarının tanımlanması ve bu plakalarla ilgili kritik bilgilere erişim sağlamak için modern ve etkili bir çözüm sunmayı amaçlamaktadır. ADR; “Tehlikeli Maddelerin Karayolunda Taşınmasına ilişkin Avrupa Anlaşması” anlamına gelmektedir. Bu anlaşma, karayolu taşımacılığında paketlenme, güvenli yük yerleştirme ve tehlikeli maddelerin işaretlenmesi gibi konularla ilgili özel kurallar ve yönergeler içerir. Uluslararası bir terim olan ADR, lojistik ve taşımacılık sektörlerinde hemen her ülkede geniş ölçüde bilinmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır. ADR plakaları ise tehlikeli maddelerin tanımlanması ve ilgili bilgilerin sunulması konusunda kritik bir rol oynar. Bu plakalar, tehlikeli madde taşıyan araçların ön ve arkasına takılan turuncu renkli ikaz levhalarıdır. Bu levhalar, taşınan maddenin türünü ve yaratabileceği tehlikeleri belirtmek amacıyla kullanılır. Bu sayede acil durum ekipleri, olası bir kazada hızlı ve doğru müdahale edebilir. Ancak, mevcut manuel sistemler, kaza ve sızıntı gibi durumlarda hızlı bilgiye erişimde yetersizdir. Bu çalışma, ADR plakalarının mobil cihazlarla anında okunmasını ve bu plakaların tehlikeli madde bilgilerini müdahale ekiplerine ve bireylere sunmasını sağlayarak bu eksiklikleri gidermektedir.

Çalışma, mobil cihazlarda çalışan bir Android uygulaması ve bu uygulama ile iletişim kuran bir Django Backend’inden oluşmaktadır. Sistem, kullanıcı dostu bir ara yüz ile plaka bilgilerinin tanınmasından, API üzerinden veri sorgulamasına kadar tüm işlevleri optimize bir şekilde birleştirir. ADR plaka bilgilerinin dijital ortama taşınmasıyla, detaylı bilgilere hızlı erişim sağlanarak kimyasal taşımacılık olaylarında güvenlik ve karar alma süreçleri iyileştirilmektedir. Sistem, itfaiye, sağlık ekipleri ve güvenlik görevlileri gibi acil müdahale ekiplerinin olay yerinde güvenliği sağlama, erken müdahale ve etkili ilk yardım hizmetlerinde destek sağlamak üzere tasarlanmıştır. Ayrıca, kullanıcı

dostu mobil uygulama ara yüzü sayesinde, sivillerin de profesyonel ekipler gelmeden önce temel güvenlik önlemleri almasına olanak tanıyarak farkındalık yaratmayı hedeflemektedir.

Bu uygulama, çevresel, ekonomik ve sosyal faydaları bir araya getiren kapsamlı bir çözüm sunmaktadır. Çevresel olarak, kimyasal kazalarda doğru bilgi ve hızlı müdahale sayesinde çevreye yayılan zararlı maddelerin etkisi minimum seviyeye indirilebilir. Ekonomik açıdan, kimyasal taşımacılıkla ilgili kazalarda maddi kayıpları azaltır. Yanlış müdahalelerden kaynaklanan hasar ve maliyetler önlenir. Sosyal katkıları ise bireylerin bilinçlenmesi ve kimyasal kazalara karşı hazırlıklı olmalarını sağlamasıdır. Ayrıca, acil durum ekipleri için daha güvenli çalışma koşulları oluşturur ve toplumsal güvenliği artırır.

ADR plakalarını tanıma ve detaylı bilgiye erişim sağlayan bu sistem, mobil cihazlar üzerinden etkili bir çözüm sunmaktadır. Android-Django entegrasyonu, projeye modüler bir yapı sağlamış, sistemin geliştirilebilirliğini artırmıştır. Django'nun multi-platform desteği, projenin gelecekte farklı cihazlarda ve işletim sistemlerinde de genişletilmesine olanak tanır. Bu uygulama ile ADR plakalarının geleneksel belge formatından dijital platformlara taşınması sağlanmıştır. Bu sistem, lojistik ve acil durum ekiplerinin hızlı bilgiye erişim ihtiyacını etkili bir şekilde karşılar. Bu uygulama, kimyasal kazalar sırasında hızlı bilgi paylaşımı ve müdahale imkanı sağlayarak müdahale sürelerini kısaltmakta ve çevresel etkileri en aza indirmektedir. Gelecekte, çoklu dil desteği, gerçek zamanlı veri entegrasyonu ve daha gelişmiş veri tabanı teknolojileri ile uygulamanın daha geniş kullanım alanlarına ulaşması planlanmaktadır.

Anahtar sözcükler: Tehlikeli Madde Taşımacılığı, ADR Plaka, Mobil Uygulama

SÜNİ İNTELLEKT VƏ TƏHSİL: İMKANLAR VƏ RİSKLƏR

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537599>

Süleymanova Xatirə Etibar qızı
khatirasuleymanova24@gmail.com
Azərbaycan Dillər Universiteti
Bakı, Azərbaycan
XÜLASƏ

Müasir dünyanın insan fəaliyyətinin bütün sahələrində əsas xüsusiyyəti müxtəlif texnologiyaların sürətlə tətbiqi və eyni dərəcədə sürətlə köhnəlməsidir. İllər öncə təsəvvür belə edilməyən hadisələr bu gün adi hala çevrilib. İnternet və hər cür qacetlər həyatımızın ayrılmaz hissəsidir və hazırda özümüzü internetsiz təsəvvür etmək çox çətindir. Müasir rəqəmsal texnologiyalar imkanlarını xeyli genişləndirərək insanların həyatını daha rahat və keyfiyyətli edir, bütövlükdə cəmiyyətin davamlı sosial-iqtisadi inkişafına töhfə verir.

Açar sözlər: *süni intellekt, texnologiya, informasiya, təhsil, risk*

Müasir dövrün əsas tələblərindən biri də rəqəmsal texnologiyaların istənilən insan fəaliyyətində, o cümlədən peşə fəaliyyətində sistemli şəkildə tətbiqidir. Müasir şəraitdə müxtəlif sahələrdən olan mütəxəssislər internetdən fəal istifadə edir, sosial şəbəkələrdə hesablar aparır, yeni praktiki təcrübə qazanırlar, iş tapırırlar və peşəkar inkişaf edirlər. Şəbəkə fasiləsiz işləmək üçün qeyri-məhdud imkanlar təqdim edir. Çoxsaylı onlayn resurslar mütəxəssisə peşəkar üfüqlərini genişləndirməyə, öz sahəsində ən son tendensiyalardan və yeni texnologiyalardan xəbərdar olmağa, peşədə uğur və səmərəliliyə töhfə verməyə, həmçinin əməkdaşlığa başlamazdan əvvəl öz səriştələrini nümayiş etdirməyə kömək edir.

Elektron təhsilə total keçid və distant təhsil texnologiyalarından istifadə ehtiyacı təhsil praktikasını kökündən dəyişdi. Rəqəmsal texnologiyalar müəllim ictimaiyyətinə mühüm təsir göstərərək, müəllimləri təhsil informasiya platformalarını və proqram məhsullarını mənimsəməyə və onlardan tədris prosesində müntəzəm istifadə etməyə hazır olduqlarını nümayiş etdirməyə məcbur edib. İnformasiya və kommunikasiya texnologiyaları pandemiyanın sərt şəraitində insanlar arasında qarşılıqlı əlaqə imkanı verən yeganə vasitə oldu. Bu hal "texniki inkişafın mənalı təkcə sosial sistemin və iqtisadiyyatın özünün təkmilləşdirilməsi

ilə deyil, həm də insanlar arasında ünsiyyətin optimallaşdırılması ilə bağlıdır.” (Пелевин, 2021, s. 98).

İnsan fəaliyyətinin bütün sahələrinin, o cümlədən təhsilin total rəqəmsallaşması şəraitində informasiya texnologiyaları cəmiyyətin davamlı sosial-iqtisadi və texnoloji inkişafı üçün aparıcı əsas mövqeləri tutur. Bu fikirlə razılaşmaq lazımdır ki, “Süni intellekt tədricən informasiya texnologiyaları sferasından sosial sferaya keçən mürəkkəb bir hadisədir və onun indiki mərhələdə nə demək olduğunu aydın başa düşmək üçün onun müvafiq təhlili tələb edilir.” (Фурс, 2023, s. 42)

Qeyd etmək vacibdir ki, süni intellect termini əsla yeni termin hesab olunmur. Bu ideyanın yaradılması amerikalı alim Con Makkartinin adı ilə bağlıdır. “Kompüterin funksional imkanları ilə insan beyninin imkanlarını” müqayisə edərkən süni intellect haqqında metafora məhz ona aid idi (Бекирова, 2022, s. 62). Eyni zamanda, C.Makkarti apardığı müqayisələr nəticəsində “hadisəni başa düşmək üçün riyazi məntiqdən istifadə etmək zərurətini” müdafiə etmişdir (Бекирова, 2022, s. 62). Konsepsiyanın özü ilk dəfə 1956-cı ildə dünyaya təqdim edildi və onun tərfi aşağıdakı mənanı ehtiva edirdi: “Süni intellekt, ağıllı insanlar, maşınlar, xüsusən də intellektual kompüter proqramları yaratmaq elmi və texnologiyasıdır.” (Бекирова, 2022, s. 62). Hazırda süni intellekt insan tərəfindən yazılmış, yalnız gigabaytla ölçülən “fenomenal” yaddaşa malik olan alqoritm üzərində işləyir. İnsan yaradıcılığı, hissləri və emosiyaları alqoritmləşdirməyə tabe deyil və sürətli kombinatorikaya malik geniş məlumat bazası olan Sİ- də çoxaltmaq çətindir.

İnsan beyninin (morfogenetik) və kompüter maşınının (elektrik) işləmə prinsiplərindəki fərqləri hazırda uzlaşdırmaq mümkün deyil. Məhz buna görədir ki, Sİ texnologiyası vasitəsilə unikal intellektual məhsullar yaratmaq üçün hələki şərait yoxdur.

Süni intellektin mahiyyətini anlamaq üçün bir çox müqayisəli təhlil aparılmışdır və bütün bu təhlillərin nəticəsində süni intellekt insana bənzər robot yox, bir texnologiya müəyyən edilmişdir. Bu texnologiya müəyyən məlumat kodlarında yazılmış və kompüter görmə qabiliyyəti, insan nitqini tanımaq və təkrar istehsal etmək bacarığı olan xüsusi alqoritmləri həyata keçirən, habelə qərarların qəbul edilməsində intellektual dəstəyi təmin edən bir proqram məhsuludur. Məhz bu səbəbdən hazırda onu şərti olaraq *intellekt* adlandırmaq olar.

Bununla belə, uzaq gələcəkdə hər şey mümkündür. Əgər nə vaxtsa əvvəlcədən müəyyən edilmiş alqoritm olmadan özünü öyrədəcək və həll yollarını axtaran əsl süni super intellekt yaratmaq mümkün olsa, o zaman bu ciddi narahatlıq doğuracaq.

Özünü inkişaf etdirən süni intellektin hansı miqyasa çata biləcəyini və informasiyanın emalında, insanın proqnostik imkanlarında və kiber sistemlərdə mövcud olan əsas fərqi nəzərə alaraq insanların onu necə idarə etmələrini təsəvvür etmək çətinidir.

Rəqəmsal maşınlarda super zəkanın ortaya çıxması öz məqsəd qoymağınızın olması demək olacaq. Bu o deməkdir ki, bu hadisədən ortaya çıxan nəticələrin əsaslı qeyri-müəyyənliyi var. Bu cür kiber-fiziki sistemlərin artıq insan problemlərini deyil, öz varlığını həll edəcək riski yüksəkdir və bu bütün bəşəriyyət üçün birbaşa təhlükədir. Sivilizasiyanı qorumaq üçün bu ehtimalın mövcudluğu çox ciddi qəbul edilməlidir ki, “onlar canlı insan zəkasını üstələyə bilər və insanın praktiki, sosial, mədəni və ümumiyyətlə intellektual fəaliyyətini bu və ya digər seqmentlərdə disfunksional edib, nəticədə Homo sapiens cinsinin sonuna gətirib çıxara bilər.” (РАКИТОВ, 2018, s.47)

Bu gün “bəşəriyyət dördüncü sənaye inqilabının astanasında dayanır”, (Амиров , Билалова, 2020, s.12) texnoloji nizamın dəyişməsinə və rəqəmsal cəmiyyətə keçidi əvvəlcədən müəyyənləşdirir. Süni intellektə əsaslanan texnologiyalar sənayedə, ticarətdə və maliyyədə, səhiyyə sistemində və digər sahələrdə tətbiq olunur. Bu yeniliklər təhsil sektorundan da yan keçmədi. Təhsil sahəsində süni intellektdən istifadə zərurəti məsələsi elmi və ictimai müzakirələrdə aktualdır.

Bu gün cəmiyyətin süni intellektdən nə başa düşdüyü haqqında danışsaq, bu, daha çox müəyyən funksiyalar toplusuna istinad edir. Fərdi kompüterlərin cari problemləri tez həll etmək, məlumatları təhlil etmək, məlumatları birləşdirmək və s. kimi bacarıqları var. Gələcəkdə süni intellektə əsaslanan texnologiyaların bir sıra asan alqoritmik peşələri əvəzləyəcəyini proqnozlaşdırmaq olar. Məsələn, bu gün biz artıq supermarketlərdə satış köməkçisi olmayan kassa aparatlarını, sürücüsüz taksiləri, kuryersiz malların çatdırılmasını, onlayn mağazada robot-məsləhətçi və s. müşahidə edə bilərik. Müxtəlif sahələrdən əl əməyi və aşağı texnoloji peşələr yoxa çıxır, onların yerinə yeni yüksək texnologiyalı peşələr yaranır. Bununla belə, gələcəyin peşələrinin hansı adlara sahib olmasından asılı olmayaraq, aydındır ki, rəqəmsal cəmiyyətdə nəinki IT mütəxəssislərinə tələbat əhəmiyyətli dərəcədə artır, həm də rəqəmsal savadlılıq peşəkar uğur qazanmış fərdin ayrılmaz keyfiyyətinə çevrilir. Güman etmək lazımdır ki, yeni peşələr üçün namizədlər seçildikdə ən vacib meyarlar fərdin qeyri-standart problemləri tez həll etmək qabiliyyətini təmin edən tənqidi düşüncəsi, koqnitiv çevikliyi və yaradıcılığı olacaq. Bu vəziyyət belə bir nəticəyə gətirib çıxarır ki, “Süni intellekt heç vaxt insan əməyini tamamilə əvəz edə bilməyəcək” (Амиров , Билалова, 2020, s. 82), çünki süni intellekt texnologiyası yalnız qarşısına qoyulan

dəqiq məqsəd və konkret alqoritm ilə işləyir və bu çərçivədən çıxmaq qabiliyyətində deyil.

Pedaqoji fəaliyyəti qiymətləndirərkən qeyd etmək lazımdır ki, o, istənilən halda məhsuldardır və subyektiv əhəmiyyətli nəticəyə yönəlmişdir. Bu baxımdan, hazırda bu peşənin yox olmaq təhlükəsinin minimuma endiyini güman etmək olar. Hazırda müəllimin saysız-hesabsız bacarıq və keyfiyyətlərini çoxalda bilən, daha az əvəz edə biləcək texnologiyalar yoxdur. Bu maraqlı yeni texnologiyaların meydana çıxması müəllimi nəinki arxa plana keçirdi, həm də onun prioritet rolunu bir daha təsdiq etdi. Süni intellekt nə tədrisdə, nə də tələbələrin biliyinin qiymətləndirilməsində professor-müəllim heyətinə heç də rəqib deyil. Süni intellekt universitetdə həyata keçirilən çoxlu sayda müxtəlif əməliyyatları yerinə yetirə və təkmilləşdirə, effektiv tədris prosesinin təşkilinə və lazımi kommunikasiyaların qurulmasına kömək edə bilən köməkçi, lakin qiymətli bir vasitədir. Bununla belə, nəzərə almaq lazımdır ki, müasir müəllim artıq yeganə və unikal bilik mənbəyi deyil. Buna görə də təhsil kontekstində süni intellektə texnoloji yeniliklərlə dəstəklənən genişlənmiş (inkişaf edilmiş) insan intellekti kimi baxmaq daha yaxşıdır.

Etiraf etmək lazımdır ki, internetin olmadığı və informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının tətbiq olunmadığı dövrlərdə bilik əldə etməyin iki variantı var idi: müəllimin sözünə inanmaq və ya çox vaxt sərf edərək kitabxanaya getmək və müəllimdən alınan məlumatları müxtəlif ilkin mənbələrlə müstəqil şəkildə yoxlamaq. İndi bu hərəkət bir neçə kliklə bir dəqiqə ərzində tamamlana bilər. Məhz buna görə də deyə bilərik ki, klassik müəllim obrazı əlavə texnoloji imkanların köməyi ilə fərdi psixoloji və pedaqoji dəstək verəcək müəllim-mentora və ya tərbiyəçiyə çevrilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, bir çox hallarda müasir texnologiyalar, xüsusən də süni intellektin təhsil prosesində tətbiqi yaşlı müəllimlər arasında gərginliyə, qorxuya, şübhəyə və hətta münaqişələrə səbəb olur. Lakin müəllimlərin peşəkar fəaliyyətlərində süni intellekt ilə qarşılıqlı əlaqədən qaçmaq imkanı yoxdur. Pedaqoqlar, xüsusən də süni intellekt texnologiyalarını rədd edənlər üçün “təhsildə süni intellekt sinifdə yerləşən robot və ya real müəllimi əvəz edən kompüter ekranında virtual proyeksiya olması barədə mifi dağıtmaq lazımdır” (Фурц, 2023, s. 3). Süni intellekt müasir müəllimin əlində alətə çevrilməlidir. Süni intellektə əsaslanan rəqəmsal texnologiyalardan istifadə tədris prosesinin effektivliyinin sürətli təhlilinə imkan verməlidir.

Süni intellekt texnologiyalarından istifadə “müəllimlər və tələbələr üçün təlim prosesinin məhsuldarlıq səviyyəsini və rahatlığını artırmaqla yanaşı, həm də ən

optimal təhsil strategiyasını seçmək və təlim prosesini avtomatlaşdırmaqla onun səmərəli təşkilinə kömək edəcək" (Бекирова, 2022, s. 62). Güman edilir ki, süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi müəllimlərin peşəkar fəaliyyətini asanlaşdıracaq tədris prosesi ilə bağlı bir çox rutin işləri avtomatlaşdıracaq. Bu problemi effektiv həll etmək üçün bütün təhsil qurumları ilə davamlı qarşılıqlı əlaqə, eləcə də IT sahəsinin nümayəndələri arasında ekspert sorğularının keçirilməsi, süni intellekt proqramlarının işləməsinə nəzarət etmək, rəy toplamaq və süni intellekt imkanları ilə işləmək təlimi tələb olunur (Галайцова, 2024, 11).

Süni intellektdən istifadə edərək məlumatların geniş təhlili imkanları, statistik metodlar, maşın tədrisi və digər texnikalar vasitəsilə müxtəlif məlumatların çıxarılmasına, tələbələrin təhsil fəaliyyətində tendensiyaları və problemli sahələri müəyyənəndirilməsinə imkan verəcək. Bu, müəllimlərə və təhsil idarəçilərinə daha məlumatlı idarəetmə qərarları qəbul etməyə və proqnozlaşdırmağa imkan verəcək.

Süni intellekt testlərin yoxlanılmasında, qiymətləndirilməsində, cədvəllərin yaradılmasında və s. kimi gündəlik tədris və idarəetmə tapşırıqlarını avtomatlaşdırmağa kömək edə bilər, bununla da müəllimlərin daha çox yaradıcılıq işləri üçün vaxtını azad edə bilər. Süni intellektdən istifadə istənilən vaxt və dünyanın hər yerindən təhsil resurslarının əlçatanlığının artıraraq onlayn öyrənmə platformaları yaratmağa imkan verir. Süni intellekt texnologiyalarının köməyi ilə müstəqil öyrənmə imkanları genişlənə, istənilən fənnin və ya mövzunun dərinədən öyrənilməsi üçün əlavə didaktik materiallar və tapşırıqlar təklif oluna bilər.

Lakin qeyd etmək lazımdır ki, süni intellekt texnologiyalarının bizlərə sərgilədiyi imkanlarla yanaşı bir çox risklər və neqativ tərəfləri də mövcuddur. Risklərin bir qrupu texnoloji təhlükələrlə bağlıdır. Həqiqətən, kiberhücumlara və haker hücumlarına məruz qalma süni intellekt tərəfindən toplanan, təhlil edilən və istifadə edilən tələbələrin böyük həcmli şəxsi məlumatlarının təhlükəsizliyi və itkisi üçün problem yaradır. Bu, məlumatdan sui-istifadəyə səbəb ola bilər, və nəinki məxfiliyin itirilməsi və nüfuzun zədələnməsi, eləcə də təhsil qurumlarının fəaliyyətinin pozulması ilə nəticələnmə bilər.

Texnologiyanın kifayət qədər mövcud olmadığı halda və ya müəllimlərin işə qeyri-kafi hazırlıqlı olduqlarından müəllimlər və tələbələr arasında sosial və funksional bərabərsizliyin artması problemi yarana bilər.

Yuxarıda qeyd olunan bütün risklər, şübhəsiz ki, mütəxəssislərin diqqətinə layiqdir, lakin onlar müəyyən mövzulara aid olduqları üçün yerli xarakter daşıyır.

Yadda saxlamaq lazımdır ki, istənilən yerli, o cümlədən rəqəmsal məkanda baş verən münəfişlərin, global sosial nəticələri ola bilər.

Rəqəmsal mühitin kövrək, tam formalaşmamış gənc nəslin şəxsiyyətinə davamlı aqressiv və zəhərli təsiri şəraitində, müəllimləri və ictimaiyyəti rəqəmsallaşmanın digər mümkün nəticələri və süni intellektin təhsildə tətbiqi ciddi narahat edir. İnsan ehtiyaclarının unifikasiyası, fərdliliyin və milli kimliyin, əxlaqi prinsiplərin itirilməsi ən böyük risklərdəndir. Həddindən artıq texnologiləşmə və süni intellekt texnologiyasından asılılıq insan təmaslarının və empatiyasının itməsinə səbəb ola bilər ki, bu da təhsildə xüsusilə vacibdir, çünki onun əsas vəzifəsi təkcə biliklərin ötürülməsi deyil, hər şeydən əvvəl tələbə şəxsiyyətinin inkişafıdır.

“İnkişaf — həmişə riskdir. İnkişaf, mövcud olanı ortaya qoyub, daha böyüyünü əldə etmə ümidini daşımadan mümkün deyil” (Леонтьев, 2018, s. 45). Bu vəziyyət, özünə və şəxsi, peşəkar həyat perspektivlərinə məsuliyyət daşımaq istəməmək, həmçinin subyektiv olaraq əhəmiyyətli bir nəticəyə çatmaq üçün sərf olunan səyləri minimuma endirmək istəyini güdərək, şəxsi inkişafın əsas əngəllərindən biridir. Şübhəsiz ki, “naməlumluğunu seçmək, özündə çox güclü bir dayağa sahib olmağı tələb edir, eyni zamanda açıq olmağa, dəyişikliklərə hazır olmağa, qeyri-müəyyənliklə başa çıxmağa və bu zaman xarici şəraitdən müstəqil olmağa hazır olmağı” (Леонтьев, 2018, s. 44) bildirir. Lakin, bütün bunlar nəzərə alındığında, müxtəlif cihazlardan gələn, filtrlənməmiş məlumat axını altında gənc bir insanın hansı müstəqilliyindən danışmaq olar? Bu sual müasir dövrün əsas dilemmasından biridir. Gənclərin məlumat axınının təsiri altında özlərini tapmağa və öz şəxsiyyətlərini inkişaf etdirməyə çalışarkən qarşılaşdıqları çətinliklər, texnologiyanın və sosial medianın təsiri ilə daha da artır. Əsl müstəqillik və özünə güvən inkişaf etdirmək üçün, şəxsiyyətin daxili dəyərlərinə və öz qərarlarına istinad etməsi vacibdir. Lakin informasiya axını və sosial təzyiqlər gənclərin düşüncə tərzini və qərarlarını formalaşdırmaqda böyük rol oynayır. Bu müstəqilliyin inkişaf etdirilməsi üçün gənclərə hansı yanaşmalar və vasitələr daha faydalı ola bilər?

Virtual reallığa dalaraq tələbələrə tənqidi təfəkkür bacarıqların zəif inkişafı, sosial bacarıqların və ünsiyyətin atrofiyası, fiziki və zehni apatiya, koqnitiv dissonans müşahidə olunur. Artıq bəzi gənclərdə rahatlıq zonasından çıxmaq, özlərini intellektual və ya fiziki olaraq yormağa istəmədiklərini izləyirik. Həqiqətən, evdən çıxmadan ehtiyacınız olan hər şeyi ala bilərsiniz. Üstəlik, təhsil alma prosesində şagirdin müəllimdən aldığı tapşırığı yerinə yetirmək üçün həqiqətən səy göstərmək əvəzinə “google”-da axtarması, rəqəmsal mühitdə hazır nümunələri götürməsi daha asan olur. Belə bir təlimin nəticəsi nəinki yaradıcılıq qabiliyyətlərini inkişaf

etdirməmiş, həm də gələcəkdə səmərəli idraki fəaliyyət qabiliyyətini itirmiş bir "mütəxəssis"dir. D. A. Leontiev "qabiliyyətlər vacibdir, lakin onlardan istifadə etmək bacarığı daha vacibdir" dediyinə şübhə yoxdur. (Леонтьев, 2016, s. 22).

Təhsildə süni intellektdən istifadənin texnoloji imkanlarını və risklərini başa düşmək, rəqəmsal mühitin təsiri altında şəxsiyyətin transformasiyası perspektivlərinin mənfi proqnostik qiymətləndirilməsi fənlərarası tədqiqatın obyektinə çevrilməlidir. Təhlükələr süni intellektin geniş şəkildə mənimsənilməsinə və istifadəsinə həssas və düşünülmüş yanaşmanın vacibliyini vurğulayır. Süni intellektin təhsilə tətbiqinin faydalarını maksimuma çatdırmaq və potensial riskləri minimuma endirmək üçün gənc nəslin etika və rəqəmsal normaları üzrə maarifləndirilməsi lazımdır.

Hər şeydən əvvəl biz texnologiyaya mənfi yanaşmanı dayandırmalı və onu öyrənmək üçün bir fürsət kimi görməyə başlamalıyıq. Müəllimlər tələbələrin süni intellektdən istifadə etməsi prosesini şansa buraxmaqdan, təhsildə rəqəmsallaşma prosesində müsbət liderlərə çevrilməli, onu dəyərə əsaslanan və mənalı istiqamətə yönəltməlidirlər. Süni intellektdən istifadənin texnoloji üstünlükləri müəllimləri adi, məhsuldar olmayan iş yükündən azad etməyə kömək etməlidir. Müəllim boş vaxtdan öz ixtisasını artırmaq, rəqəmsal savadını inkişaf etdirmək və rəqəmsal təhsil mühitində işləməyə hazır olmaq üçün istifadə etməlidir. Süni intellekt tərəfindən toplanan məlumat oxunmalı, ifadə edilməli və ya yenidən yazılmalıdır, istənilən halda öyrənən tərəfindən işlənməli, başa düşülməli və qavranılmalıdır. Tələbələrlə birbaşa əlaqə işi, şifahi sorğular və ünsiyyət təhsil prosesində qarşılıqlı təsirin effektiv yollarıdır.

Beləliklə, süni intellekt fenomeninin mövcud ziddiyyətli təbiəti və onun təhsil mühitinə daxil edilməsinin nəticələrinin qeyri-müəyyənliyi bizə təsdiq etməyə imkan verir ki, rəqəmsallaşma kontekstində təhsilin inkişafının əsas istiqaməti süni intellektin inkişafı və istifadəsində etik aspektlərə diqqətin artırılması kimi qəbul edilməlidir. Müasir müəllim üçün süni intellekt texnologiyaları insanın yaradıcı şəxsi potensialının inkişafı lehinə gündəlik işə sərf olunan vaxtı azaltmaq üçün əlavə imkanların kəşfidir. Müəllim-mentora həmişə ehtiyac olacaq. Müəllimin unikallığı onun həyat təcrübəsi, rəğbəti, empatiyası, emosional dəstəyi ilə müəyyən edilir ki, bu da tələbələrin fənni mənimsəmələrinə kömək edir.

Danılmazdır ki, "texnologiya və mühəndislik yalnız insan imkanlarının üfüqlərini genişləndirir, problemlərin həllində onun fəal köməkçilərinə çevrilir, lakin dəyərlər sistemini təmin edə bilməz" (Иванов, Иванова, 2020, s. 20). Yalnız başa

düşməkdə, tənqidi təhlil etməkdə, təhsilin inkişafının məhsuldar yollarını axtarmaq və onların praktiki həyata keçirilməsində insan məsuliyyət daşıyır. Pedaqoji fəaliyyətin gecikmiş nəticələri zehni prioritetlərin təzahürünə və hər bir insanın və bütün cəmiyyətin mənafeyi üçün dəyişməsinə kömək edir. İnsan ünsiyyəti həmişə həyatda ən yüksək dəyər olmuşdur və günümüzün rəqəmsal dünyasında ən böyük sərvətdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Əhmədov, A. (2019). Süni intellektin əsasları və tətbiqi sahələri. Bakı: Elm və Təhsil Nəşriyyatı.
 2. Rəsulov, İ. (2018). Süni intellektin ədəbiyyat və sosial sahələrə təsiri. Bakı: Şərq-Qərb Nəşriyyatı.
- миров Р. А., Билалова У. М. Перспективы внедрения технологий искусственного интеллекта в сфере высшего образования // Управленческое консультирование. 2020. № 3. С. 80–88.
- екирова Э. Ш. Технологии искусственного интеллекта как фактор повышения качества высшего образования // Проблемы современного педагогического образования. 2022. Т. 77 (1). С. 61–65
- алагузова М. А., Перекальский И. Н. Трансформация образования с внедрением искусственного интеллекта: постановка проблемы // Ценности и смыслы. 2024. № 189). С. 84–94.
- ванов О. Б., Иванова С. В. Нравственно-гуманистический кризис в информационную эпоху // Ценности и смыслы. 2020. № 3 (67). С. 6–22
- еонтьев Д. А. Саморегуляция, ресурсы и личностный потенциал // Сибирский психологический журнал. 2016. № 62. С. 18–37.
- еонтьев Д. А. Что такое развитие. В сб. «Практики развития 1.0: вызовы, концепции, инструменты». М.: Смысл, 2018. 215 с.
- елевин С. И. Ценностные ориентиры технологического и технического развития общества // Ценности и смыслы. 2021. № 1 (71). С. 92–102
- акитов А. И. Высшее образование и искусственный интеллект: эйфория и алармизм // Высшее образование в России. 2018. Т. 27. № 6. С. 41–49.
- урс С. П. Искусственный интеллект в сфере образования — помощник педагога или «подрывная» технология? // Преподаватель XXI век. 2023. № 1. Часть 1. С. 40–49. DOI: 10.31862/2073–9613–2023–1–40–49

РЕЗЮМЕ

Данная статья рассматривает преимущества и негативные стороны использования искусственного интеллекта в сфере образования. В условиях тотальной цифровизации образования информационные технологии занимают лидирующие позиции для устойчивого социально-экономического и технологического развития общества. В статье также исследуется история возникновения искусственного интеллекта, отмечается значимость использования современных информационных технологий во всех сферах жизни людей.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, технология, информация, образование, риск*

SUMMARY

This article deals with the advantages and disadvantages of using artificial intelligence in education. In the context of total digitalization of education, information technologies occupy leading positions for sustainable socio-economic and technological development of society. The article also notes the history of artificial intelligence and the importance of using modern information technologies in all spheres of people's lives.

Keywords: *artificial intelligence, technology, information, education, risk*

SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLI ÇATBOTLARIN TƏHSİL VƏ BİZNES SEKTORLARINDAKI TƏTBİQLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537614>

Əlibəyli Türkan İlyas qızı
elibeyliturkan@gmail.com
[ORCID ID:0009-0000-6709-6770](https://orcid.org/0009-0000-6709-6770)
Naxçıvan Dövlət Universiteti
Naxçıvan, Azərbaycan

XÜLASƏ:

Müasir dövrdə süni intellekt və onun alt sahələrindən biri olan çatbotlar bir çox sahələrdə istifadə olunaraq səmərəliliyi artırır. Xüsusilə, təhsil və biznes sektorlarında çatbotlar müştəri dəstəyi, avtomatik cavab sistemləri və fərdi tədris kimi funksiyaları yerinə yetirərək insan resurslarına olan tələbatı azaldır. Chatbot insan və bot arasında danışmaq dili kimi fəaliyyət göstərən kompüterləşdirilmiş proqramdır, virtual köməkçi son illərdə əsasən süni intellekt, maşın öyrənməsi və neyron şəbəkələri və təbii dil emalı kimi sahələrdə dramatik təkmilləşdirmələr sayəsində müstəsna populyarlıq qazanmışdır. Təhsil sahəsi də daxil olmaqla texnologiya bir çox sahələrin işləmə prinsipini dəyişdirdi. Müasir dövrdə istifadə edilən alqoritmlər AI əsaslı çatbotları təkmilləşdirdi. ChatGPT generativ əvvəlcədən hazırlanmış transformatorların (GPT) transformator arxitekturasından istifadə edən böyük dil modelinə (LLM) əsaslanan inkişaf etməkdə olan və aparıcı AI çatbot innovasiyasıdır. Biznes sektorlarında da süni intellekt əsaslı çatbotlar istifadə olunaraq müştəri xidməti, satış, marketing kimi sahələrdə effektivlik əldə edilir. Restoran, otel kimi xidmət sahələrində müştərilər ilə interaktiv ünsiyyət quraraq rezervasiya proseslərini həyata keçirir, istifadəçilərin maraq dairələrinə əsaslanaraq onlar üçün müəyyən məhsullar təqdim edir və hətta e-mail mesajlarının cavablandıraraq müəyyən inzibati işləri həyata keçirə bilirlər.

Açar sözlər: süni intellekt, çatbot, maşın öyrənməsi, təhsil, biznes

Müasir dövrdə süni intellekt və onun alt sahələrindən biri olan çatbotlar bir çox sahələrdə istifadə olunaraq səmərəliliyi artırır. Xüsusilə, təhsil və biznes sektorlarında çatbotlar müştəri dəstəyi, avtomatik cavab sistemləri və fərdi tədris kimi funksiyaları yerinə yetirərək insan resurslarına olan tələbatı azaldır. Təhsil sektorunda fərdiləşdirilmiş tədris planının hazırlanması və suallara avtomatik cavab verilməsi nəticəsində sürətli və interaktiv öyrənmə mühiti yaranır. Müştəri xidmətlərində real zamanlı cavablar müştəri məmuniyyətini artıraraq, avtomatlaşdırılmış marketing strategiyalarında geniş şəkildə istifadə olunur. Bunları nəzərə alaraq deyə bilərik ki, süni əsaslı çatbotların istifadəsini genişləndirmək aktual məsələlərdən biridir. Təhsil və biznes sahələri rəqəmsal transformasiya prosesindən keçir və

bu sahədə çatbotlar əsas texnologiyalardan biri kimi qəbul edilir. Təhsildə rəqəmsal transformasiya özünü onlayn təhsil platformalarına integrasiya, virtual müəllimlərin və dərslər köməkçilərinin yaradılması proseslərində özünü göstərir.

Texnologiya fərqli məqsədlərə xidmət edərək sənayedə və gündəlik həyatımızda fərqli şəkillərdə tətbiq olunur. Süni intellekt əsaslı çatbotlar idrak qabiliyyətini simulyasiya edərək insanlarla əlaqədə olmaq üçün proqramdır. Chatbot insan və bot arasında danışmaq dili kimi fəaliyyət göstərən kompüterləşdirilmiş proqramdır, virtual köməkçi son illərdə əsasən süni intellekt, maşın öyrənməsi və neyron şəbəkələri və təbii dil emalı kimi sahələrdə dramatik təkmilləşdirmələr sayəsində müstəsna populyarlıq qazanmışdır (1). Çatbotlar bir neçə faktorlar nəzərə alınaraq təsnif edilir. Əsasən 3 növə ayrılırlar: menyü və ya düymə əsaslı, açar sözün tanınmasına əsaslanan chatbot və kontekstual çatbotlar. Bugün ən geniş istifadə edilən çatbotlar menyü əsaslı olanlardır və düymələrdən, menyulardan təşkil olunmuşdur. Belə çatbotlar qərar ağacı alqoritminə əsaslanaraq son cavabı almaq üçün sual əsaslı işləyir. Digər tərəfdən bu çatbotlar digərlərinə nəsbətən yavaş işləyir və istədiyiniz cavabı almaqda tamamilə etibarlı sayıla bilməz. Açar sözün tanınmasına əsaslanan çatbotlar istifadəçilərin daxil etdiklərinə uyğun cavablar verir və nəticəni əldə etmək üçün xüsusi açar sözləri tanıyır. Fərdiləşdirilmiş açar sözlər siyahısı vasitəsilə alqoritmlərdən istifadə edilərək istifadəçiyə veriləcək cavab müəyyənləşdirilir. Lakin əlaqəli suallar olduğu zaman çatbotlar bəzən uğursuz olur. Kontekstual çatbotlar texnoloji cəhətdən ən inkişaf etmiş botlardır. Maşın Öyrənməsi və Süni İntellekt texnologiyalarından, təbii dil emalı və nitqdən mətnə çevirmə alqoritmlərindən istifadə edərək istifadəçilərin hisslərini anlamaq bilirlər (2). Bu botlar zamanla təcrübə qazanaraq öyrənir və inkişaf edir.

Təhsil sahəsi də daxil olmaqla texnologiya bir çox sahələrin işləmə prinsipini dəyişdirdi. Müasir dövrdə istifadə edilən alqoritmlər AI əsaslı çatbotları təkmilləşdirdi. ChatGPT generativ əvvəlcədən hazırlanmış transformatorların (GPT) transformator arxitekturasından istifadə edən böyük dil modelinə (LLM) əsaslanan inkişaf etməkdə olan və aparıcı AI çatbot innovasiyasıdır [2]. Təbii insana bənzər söhbətlər yaratmaq imkanları ilə ChatGPT təhsil, səhiyyə, maliyyə, e-marketing və e-ticarət kimi müxtəlif sənaye sahələrinə müraciət etmək üçün böyük potensiala malikdir [3]. Planlaşdırma və tələbə sorğularını qəbul edib, onları idarə etmək təlimçilərin çox vaxtını alır və eyni zamanda istifadəçilər üçün də bir çox çətinliklər yaradır. Süni intellekt çatbotları təhsil sektorunda, xüsusən də fərdiləşdirilmiş təhsildə olan boşluqları aradan qaldırmaq üçün yaxşı bir köməkçidir. Süni intellekt əsaslı yeni texnologiyalar təlimin idarə edilməsi sistemlərinə integrasiya edərək geniş imkanlar açır. Eyni zamanda proqramlaşdırma dillərinin və kodlaşdırma sistemlərinin öyrənilməsində xüsusi imkanlar yaradır. Hal-hazırda istifadə edilən çatbot tətbiqlərinə bir neçə nümunə göstərək.

Dualingo çatbot – xarici dil üçün olan Dualingo proqramı çatbot istifadə edərək interaktiv mühit yaradır və danışiq bacarıqlarını inkişaf etdirir. Riyaziyyatdan öyrənmə prosesini izləyən və suallar təqdim edərək, fərdi feedback verən proqram Mika (Carnegie Learning) süni əsaslı çatbotdur. Hətta müəllimləri verdiyi cavablarla təəccübləndirən Jill Watson və Hubert.ai tələbə formaları vasitəsilə toplanan məlumatları analiz etmə qabiliyyətinə malikdir. Çatbotların istifadəsində qarşılaşılan çətinliklərin əvvəlində dil problemləri dayanır, bəzən dil qaydaları pozulur və cavablarda uyğunsuzluqlar olur. Həmçinin, güclü texniki infrastruktur tələblərinin olması da məhdudiyyətlər yarada bilər. Zamanla çatbotların daha ağıllı və insan emosiyalarını daha yaxşı başa düşən sistemlərlə əvəz olunması çevik sistemlərin yaranmasına səbəb olacaqdır.

Biznes sektorlarında da süni intellekt əsaslı çatbotlar istifadə olunaraq müştəri xidməti, satış, marketinq kimi sahələrdə effektivlik əldə edilir. Restoran, otel kimi xidmət sahələrində müştərilər ilə interaktiv ünsiyyət quraraq rezervasiya proseslərini həyata keçirir, istifadəçilərin maraq dairələrinə əsaslanaraq onlar üçün müəyyən məhsullar təqdim edir və hətta e-mail mesajlarının cavablandıraraq müəyyən inzibati işləri həyata keçirə bilirlər. Nəticədə xidmət keyfiyyəti artır və əməliyyat xərcləri azalmış olur. Christian Hildebrand və Anouk Bergner öz məqalələrində chatbotlardan istifadənin satışları necə artırma biləcəyini müzakirə etdilər, bu da seriyalı laboratoriya tədqiqatlarına əsaslanaraq, chatbotların həqiqətən istehlakçı seçimlərini və satınalma qərarlarını dəyişdirə biləcəyini öyrəndilər. Onlar həmçinin anladılar ki, chatbotda istehlakçıların xüsusi zövq aldığı şey təbii dialoqa girmək bacarığıdır [4]. Marketinq sahəsində tətbiq edilən çatbotlar alıcıların vaxtlarına qənaət etməklə daha sonrakı mərhələlərdə səmərəli şəkildə istifadə edilir. Hətta hər hansı bir markanı öz rəqiblərindən üstün göstərən xüsusi bir interfeys kimi təqdim olunur. Tədqiqatlar nəticəsində alınan nəticələrdən deyə bilərik ki, istifadəçilərin əksəriyyəti müştəri xidmətlərində çatbotların olmasını dəstəkləyirlər. Çünki, sual formalaşdırıldırılması və cavab verilməsində təzyiq hiss etmirlər. Eyni iştirakçıların cavabları əsasında müştərilərə xidmətdə chatbotların əsas problemlərini də müzakirə etdilər. Onlar qeyd etdilər ki, əsas problem chatbotun həmişə müştərinin nəyi soruşmaq niyyətində olduğunu başa düşmədiyi şərh problemləri ilə bağlıdır [5]. Həmçinin, bir sıra iştirakçılar qeyd ediblər ki, chatbotlar kompleks cavab verməyə imkan vermir [5]. Nəticələr əsasında deyə bilərik ki, bu formada çatbotlar hazırlanarkən diqqət etməli olduğumuz bəzi məqamlar olmalıdır. Səmərəli xidmət təminatına diqqət etmək, Məxfiliyin ön planda olması, insan kimi söhbət edərək istifadəçi təcrübəsini gücləndirmək əsas məqamlara aiddir.

Hal-hazırda bankçılıq sektorunda Erica adlı çatbot, kredit ödəmələrinə baxmaq və xərcləmə vərdişlərini analiz etmək funksiyalarını həyata keçirir və HSBC fırıldaqçılıq hallarının qarşısını almaq üçün yaxşı bir çatbotdur. Mobil tətbiqlərdə qarşımıza çıxan çatbotlar

müştərilərə tövsiyyə verir və sifariş izləmələrini uğurla yerinə yetirir. Nümunə olaraq Sephora və Shopbotu göstərə bilərik. Sığorta xidmətləri verən şirkətlər də iddiaların qəbulu və ödənişlərin icrası kimi çətin prosesləri çatbotlar vasitəsilə həyata keçirərək zamandan səmərəli istifadə edirlər. AI əsaslı “Maya” çatbotu 90 saniyəyə sığorta təmin edir, 3 dəqiqəyə ziyan ödənişi həyata keçirir. Hətta turizm və səyahət, sağlamlıq kimi sektorlarda da rahat bir şəkildə istifadə edilir.

Nəticədə qeyd etmək lazımdır ki, geniş istifadə sahəsinə baxmayaraq, müəyyən çətinliklər və məhdudiyyətlərlə qarşılaşa bilərik. Bəzən mövzunun məntiqi kontekstinə tam anlamayan sistemlər tələbənin suallarına qeyri-dəqiq cavablar verə bilər. Bəzən tələbələr tək-cavab yox, eyni zamanda motivasiya da gözləyə bilər. Lakin hələki tam şəkildə empati qurmaq qabiliyyəti olmayan çatbotlar tələbənin halını tam şəkildə anlamırlar. Biznes sektorunda isə bəzən istifadəçilər çatbotların verdikləri avtomat cavablardan narazılıq duya bilərlər. Çünki mürəkkəb sorğuları anlayaraq cavab vermək bəzən çatbotlar üçün çətinlik yaradır. Verilən səhv cavablar şirkətlərin prestijini zədələyə bilər. Süni intellekt əsaslı çatbotların imkanları geniş olsa da, dil, kontekst, emosional zəiflik, texniki infrastruktur, təhlükəsizlik və etik problemlər onların təhsil və biznesdə istifadəsini məhdudlaşdıran əsas amillərdir. Bu problemlərin həlli üçün texniki, hüquqi və sosial sahələr üzrə müştərək yanaşma vacibdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Aishwarya Gupta, Divya Hathwar, Anupama Vijayakumar. “Introduction to AI Chatbots” International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). 2020.
2. A M Rahman, Abdullah Al Mamun, Alma Islam. "Programming challenges of chatbot: Current and future prospective", 2017 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC), 2017
3. Mohamed, I.S.; Abdelsalam, M.; Moawad, I.F. Support Chatbot based on ChatGPT for Customer Relationship Management in Educational Institutions. In Proceedings of the 6th International Conference on Computing and Informatics (ICCI), Cairo, Egypt, 6–7 March 2024; pp. 351–355
4. Hildebrand, C., & Bergner, A. (2019). AI-Driven Sales Automation: Using Chatbots to Boost Sales. NIM Marketing Intelligence Review, 11(2), 36-41.
5. Følstad, A., Nordheim, C. B., & Bjørkli, C. A. (2018, October). What makes users trust a chatbot for customer service? An exploratory interview study. In International Conference on Internet Science (pp. 194-208). Springer, Cham.

APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED CHATBOTS IN EDUCATION AND BUSINESS SECTORS

Alibeyli Turkan

elibeyliturkan@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-6709-6770>

Nakhchivan State University

Nakhchivan, Azerbaijan

ABSTRACT

In the modern era, artificial intelligence and one of its subfields chatbots are increasingly being used across various sectors to enhance efficiency. Particularly in education and business, chatbots fulfill functions such as customer support, automated response systems, and personalized learning, thereby reducing the demand for human resources. A chatbot is a computerized program that acts as a conversational interface between humans and machines. In recent years, virtual assistants have gained exceptional popularity due to dramatic improvements in fields such as artificial intelligence, machine learning, neural networks, and natural language processing. Technology has transformed the working principles of many sectors, including education. Modern algorithms have significantly improved AI-based chatbots. ChatGPT, based on a large language model (LLM) utilizing the transformer architecture of generative pre-trained transformers (GPT), represents a leading and rapidly developing innovation in AI chatbot technology. In business sectors, AI-based chatbots are used to increase efficiency in areas such as customer service, sales, and marketing. In industries such as restaurants and hotels, they engage in interactive communication with clients, handle reservation processes, suggest products based on user interests, and even perform certain administrative tasks by responding to emails.

Keywords: *artificial intelligence, chatbot, machine learning, education, business*

ПРИМЕНЕНИЕ ЧАТ-БОТОВ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ И БИЗНЕС-СЕКТОРАХ

Алибейли Туркан

elibeyliturkan@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-6709-6770>

Нахчыванский государственный университет

Нахчыван, Азербайджан

РЕЗЮМЕ

В современную эпоху искусственный интеллект и одна из его подотраслей чат-боты активно применяются во многих сферах для повышения эффективности. Особенно в области образования и бизнеса чат-боты выполняют такие функции, как поддержка клиентов, автоматические системы ответов и персонализированное обучение, тем самым снижая

потребность в человеческих ресурсах. Чат-бот — это компьютерная программа, функционирующая как интерфейс общения между человеком и машиной. В последние годы виртуальные помощники приобрели большую популярность благодаря значительным достижениям в таких областях, как искусственный интеллект, машинное обучение, нейронные сети и обработка естественного языка. Технологии изменили принципы работы многих отраслей, включая образование. Современные алгоритмы значительно улучшили возможности ИИ-чат-ботов. ChatGPT, основанный на архитектуре трансформеров и представляющий собой большую языковую модель (LLM), является ведущей и стремительно развивающейся инновацией в области ИИ-чат-ботов. В бизнесе ИИ-чат-боты используются для повышения эффективности в таких сферах, как обслуживание клиентов, продажи и маркетинг. В таких отраслях, как рестораны и гостиницы, они взаимодействуют с клиентами, управляют процессами бронирования, предлагают продукты в соответствии с интересами пользователей и даже выполняют административные задачи, отвечая на электронные письма.

Ключевые слова: искусственный интеллект, чат-бот, машинное обучение, образование, бизнес

ƏLİLLİYİ OLAN ŞƏXSLƏR ÜÇÜN SOSIAL XİDMƏTLƏRDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ: YENİ PERSPEKTİVLƏR VƏ EHTİYAQLAR

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537618>

Ülkər İsmayılzadə Bədəl
ulkerismayilzade1205@gmail.com
Bakı Biznes Universiteti

XÜLASƏ

Bu məqalənin məqsədi, əlilliyi olan şəxslər üçün sosial xidmətlərdə süni intellektin tətbiqini araşdırmaq və bu texnologiyanın sosial iş sahəsindəki potensialını müəyyən etməkdir. Məqalədə süni intellektin əlilliyi olan şəxslər üçün təklif etdiyi yeni perspektivlər və ehtiyaclar, xüsusilə sosial xidmətlərin daha şəxsi və inklüziv hala gətirilməsi baxımından müzakirə edilmişdir. Süni intellektin inkişafı, əlilliyi olan şəxslərə daha çox müstəqillik və integrasiya imkanı yaradaraq, onların həyat keyfiyyətini artırmağa yönəlmiş geniş potensiala malikdir. Məqalədə, Sİ texnologiyalarının əlilliyi olan şəxslərin gündəlik həyatına, xüsusilə təhsil, səhiyyə və sosial integrasiya sahələrinə necə təsir etdiyi müzakirə edilir. Robot texnologiyaları, nitq tanıma və fərdi köməkçi sistemlər kimi yeniliklər, əlilliyi olan şəxslərin həyatını asanlaşdırmaq və onlara daha çox imkanlar yaratmaqda böyük rol oynayır.

Əsas nəticələr arasında süni intellektin əlilliyi olan şəxslərin fərdi ehtiyaclarına uyğun xidmətlər təqdim etməyə, inklüziv təhsil və sağlamlıq dəstəyi təmin etməyə və psixoloji yardım sahəsində yeni imkanlar yaratmağa kömək edəcəyi vurğulanıb. Lakin, məlumat təhlükəsizliyi və etik məsələlər kimi çağırışların da nəzərə alınması vacibdir.

Bundan əlavə, süni intellektin əlilliyi olan şəxslərin hüquqlarının qorunması və sosial ədalətin təmin olunmasında rolu da diqqətəlayiqdir. Bu texnologiya, məlumatların daha şəffaf şəkildə təhlil edilməsinə və ehtiyacların obyektiv qiymətləndirilməsinə şərait yaradaraq, qərar qəbul etmə prosesində ayrı-seçkiliyin və subyektiv yanaşmaların qarşısını almağa kömək edə bilər. Belə yanaşma, əlilliyi olan şəxslərin cəmiyyətin bütün sahələrində bərabər hüquq və imkanlara malik olmasını təmin etməyə xidmət edir və sosial xidmətlərin ədalətli paylanması mühüm rol oynayır.

Eyni zamanda, süni intellektin tətbiqi ilə bağlı sosial işçilərin rolu da dəyişməkdədir. Ənənəvi yanaşmalardan fərqli olaraq, sosial işçilər artıq texnologiya ilə birgə işləmə bacarıqlarına sahib olmalı, süni intellektin təqdim etdiyi məlumatları düzgün şərh edə bilməlidirlər. Bu, həm onların peşəkar inkişafına yeni tələblər yaradır, həm də sosial xidmətlərin keyfiyyətini artırmaq üçün əməkdaşlıq və texnoloji savadlılığın vacibliyini ön plana çıxarır. Beləliklə, süni intellektin uğurlu tətbiqi üçün yalnız texnoloji deyil, həm də insan resurslarının hazırlığı əsas amillərdən biri kimi qəbul olunmalıdır.

Açar sözlər: sosial xidmət, əlilliyi olan şəxslər, süni intellekt, integrasiya, bərabərlik.

Giriş. Əlilliyi olan şəxslərə təklif olunan sosial xidmətlər ənənəvi olaraq insan resurslarına əsaslanır və bir çox hallarda məhdudiyyətlər və çətinliklərlə üzləşir. Lakin süni intellekt (SI) texnologiyalarının tətbiqi, sosial xidmətlər sahəsində yeni perspektivlər və imkanlar açır. Süni intellektin tətbiqi, əlilliyi olan şəxslərin ehtiyaclarına uyğun fərdi

xidmətlər təqdim etməklə yanaşı, sosial işçilərin iş yükünü azaldaraq daha effektiv və çevik xidmətlər təklif etməyə imkan verir. Eyni zamanda, texnoloji adaptasiya, əlilliyi olan şəxslərin daha yaxşı təhsil, səhiyyə və sosial dəstək xidmətləri almasını təmin edə bilər.

Sosial xidmətlər sahəsində süni intellektin tətbiqi, xüsusən də əlilliyi olan şəxslərin həyat keyfiyyətini və cəmiyyətə integrasiyasını artırmaq məqsədilə həyata keçirilən innovativ yanaşmalar olduqca böyük əhəmiyyət kəsb edir. Araşdırma, həmçinin etik məsələlər, məlumat təhlükəsizliyi və texnoloji adaptasiya kimi aktual problemləri də nəzərə alaraq bu sahədəki inkişafı daha dərinlən anlamağa kömək edir. Beləliklə, bu tədqiqat sosial iş və süni intellekt sahələrindəki əlaqəni araşdıraraq, gələcəkdə daha inklüziv və şəffaf sosial xidmətlər sistemlərinin qurulmasına yönəlik əhəmiyyətli töhfə verə bilər. Əlilliyi olan şəxslərə təqdim olunan sosial xidmətlərin optimallaşdırılması və bu sahədə süni intellektin potensialının dərk edilməsi bu tədqiqatın aktuallığını və vacibliyini göstərir. Bu sahədə aparılan araşdırmalar, həm texnoloji inkişafın sosial iş sahəsində necə tətbiq edilə biləcəyini, həm də əlilliyi olan şəxslərə daha effektiv xidmət göstərilməsinin yollarını açır.

Əlilliyi olan şəxslərin cəmiyyətdə bərabər imkanlarla yaşaması və sosial xidmətlərdən faydalanması, qlobal miqyasda davamlı olaraq önəmli bir məsələ olaraq qalır. Bu şəxslərin həyat keyfiyyətinin artırılması, onların sosial və iqtisadi integrasiyasının təmin edilməsi üçün sosial xidmətlər sahəsində yeni yanaşmalara ehtiyac duyulmaqdadır. Bu səbəbdən əlilliyi olan şəxslərin həyat səviyyəsi, təhsil səviyyəsi və onlara göstərilən xidmətin keyfiyyəti bir ölkənin səhiyyə, təhsil və iqtisadi inkişaf göstəricilərində mühüm yer tutur. (5) Son illərdə texnologiyanın sürətlə inkişafı, xüsusilə süni intellektin müxtəlif sahələrdə tətbiqi, sosial xidmətlərdə əlilliyi olan şəxslərin ehtiyaclarını daha effektiv şəkildə qarşılamağa imkan yaratmışdır. Bu, həm fərdi yanaşmaların daha dəqiq tənzimlənməsi, həm də sosial xidmətlərin inklüziv və əlçatan olmasının təmin edilməsi baxımından əhəmiyyətlidir. Əlilliyi olan şəxslərin cəmiyyətə integrasiyası və onlara verilən sosial xidmətlərin keyfiyyəti, sosial işin ən vacib sahələrindən biridir. Əlilliyi olan şəxslər, həyatlarını asanlaşdıracaq və onları cəmiyyətin digər üzvləri ilə bərabər vəziyyətə gətirəcək xidmətlərə ehtiyac duyurlar. Bu xidmətlərin effektivliyi, zaman-zaman təkmilləşdirilməli və innovativ yanaşmalarla dəstəklənməlidir. Bu gün süni intellekt (Sİ), sosial xidmətlər sahəsində mühüm bir inkişaf olaraq, əlilliyi olan şəxslərin həyatını yaxşılaşdırmaq üçün bir çox yeni imkanlar təqdim edir. [1]

Süni intellektin (Sİ) sosial işə integrasiyası, əlilliyi olan şəxslərə yönəlmiş xidmətləri daha əlçatan və effektiv hala gətirə bilər. Süni intellektin tətbiqi yalnız sosial xidmətlərin strukturunu deyil, həm də bu xidmətlərə olan yanaşma və metodları dəyişdirə bilər. Bu məqalə, əlilliyi olan şəxslər üçün sosial xidmətlərdə süni intellektin tətbiqinin yeni perspektivlərini və ehtiyaclarını araşdıraraq, bu texnologiyanın mövcud sosial iş modelləri ilə necə əlaqələndirilə biləcəyini və gələcəkdə sosial iş sahəsində necə yeniliklərə yol açə biləcəyini müzakirə edəcəkdir. [2]

Süni intellektin sosial iş sahəsində tətbiqi. Süni intellekt, insanların müxtəlif qərarları qəbul etmək, məlumatları təhlil etmək və qərar vermək qabiliyyətini təqlid edən bir texnologiyadır. Bu texnologiyanın sosial xidmətlərdə istifadəsi, müxtəlif sahələrdə inkişafa səbəb ola bilər. Əlilliyi olan şəxslərə xidmət göstərən sosial işçilər və təşkilatlar, süni

intellektin təklif etdiyi imkanlardan faydalana bilərlər. Aşağıda süni intellektin sosial xidmətlər sahəsində tətbiqinə dair bəzi mühüm istiqamətlər verilmişdir:

Şəxsi və fərdi sosial xidmətlərin təqdim edilməsi. Əlilliyi olan şəxslərin fərdi ehtiyacları çox müxtəlifdir və bu, onların sosial xidmətlərə olan tələbatını çox xüsusi və şəxsiyyətə uyğun edir. Süni intellekt, fərdi ehtiyac analizi və şəxsi sosial xidmətlərin planlaşdırılması üçün istifadə edilə bilər. Sİ, əlilliyi olan şəxslərin həyat keyfiyyətini artırmaq üçün onların sağlamlıq vəziyyətini, psixoloji vəziyyətini və sosial əlaqələrini analiz edərək, daha uyğun və şəxsiyyətə uyğun xidmətlər təklif edə bilər.

Məsələn, süni intellekt əsaslı bir tətbiq, əlilliyi olan şəxslərin ehtiyaclarını izləyə və onların fərdi vəziyyətinə uyğun məsləhətlər verə bilər. Bu tətbiq, məsələn, istifadəçinin gündəlik fəaliyyətlərini izləyərək onların necə dəstəkləndiyini və hansı sahələrdə əlavə yardıma ehtiyac duyduğunu təhlil edə bilər. Beləliklə, sosial işçilər daha məlumatlı qərarlar qəbul edə bilər və bu da xidmətlərin keyfiyyətini artırır.

İnklüziv və fərdi yönümlü təhsil xidmətləri. Süni intellekt, əlilliyi olan şəxslərə təhsil sahəsində də kömək edə bilər. Inklüziv təhsil və fərdi təhsil yanaşmalarının tətbiqi, Sİ-nin imkanları ilə daha da genişlənə bilər. Sİ, əlilliyi olan uşaqlar və böyüklər üçün daha uyğun təhsil materialları və öyrənmə metodları təklif edərək, təhsildəki əngəlləri aradan qaldıra bilər.

Nümunə olaraq, süni intellekt əsaslı təhsil proqramları, həm fiziki, həm də psixoloji əlilliyi olan tələbələr üçün uyğunlaşdırılmış dərslər təqdim edə bilər. Məsələn, görmə və eşitmə qabiliyyəti məhdud olan şəxslər üçün xüsusi proqramlar, onlara vizual və eşitmə vasitələri ilə məlumat təqdim edə bilər. Bu, təhsil sahəsində daha inklüziv yanaşmaların inkişafını təmin edir. [3]

Əlilliyi olan şəxslər üçün sağlamlıq və reabilitasiya dəstəyi. Süni intellekt, sağlamlıq və reabilitasiya sahələrində əlilliyi olan şəxslərə daha effektiv dəstək təmin edə bilər. Sİ əsaslı tətbiqlər, əlilliyi olan şəxslərin sağlamlıq vəziyyətini izləyə və onlara uyğunlaşmış müalicə və reabilitasiya proqramları təklif edə bilər. Sİ sistemləri, fərdi sağlamlıq məlumatlarını toplayaraq, əlilliyi olan şəxslərin ehtiyaclarına uyğun tədbirlər və təkliflər verə bilər.

Məsələn, robotik terapiya və digər süni intellekt əsaslı sistemlər, əlilliyi olan şəxslərin fiziki terapiya seanslarını daha vəziyyətə uyğun və effektiv şəkildə həyata keçirə bilər. Bununla yanaşı, onlayn dəstək xidmətləri vasitəsilə, əlilliyi olan şəxslər həkim və terapevtlərlə uzaqdan əlaqə saxlaya bilər, bu da onların müalicə prosesini asanlaşdırır və zamanla daha əlçatan hala gətirir. [4]

Sosial dəstək və psixoloji yardım. Sİ, psixoloji dəstək və emosional reabilitasiya sahələrində də istifadə oluna bilər. Süni intellekt əsaslı chat-botlar və virtual psixoloqlar, əlilliyi olan şəxslərə emosional dəstək verə bilər. Bu texnologiyalar, istifadəçilərin emosional vəziyyətini izləyərək onlara uyğun dəstək və məsləhətlər təqdim edə bilər. Sİ-nin bu sahədə istifadəsi, əlilliyi olan şəxslərin psixoloji rifahını artırmağa kömək edə bilər.

Nümunə olaraq, Sİ əsaslı tətbiqlər, fərdi müalicə proqramları təqdim edə və istifadəçilərin psixoloji vəziyyətini izləyə bilər. Virtual terapevtlər, istifadəçilərin ehtiyaclarına uyğun cavablar verə bilər, bu da onların stress və narahatlıq səviyyələrini azaltmağa kömək edir.

Əlilliyi olan şəxslər üçün sosial xidmətlər, onların həyat keyfiyyətini və cəmiyyətə inteqrasiyasını artırmağı hədəfləyir. Lakin, mövcud sosial xidmətlər çox vaxt məhdud

imkanlarla və texnoloji dəstəyin olmaması ilə təklif olunur. Bu çatışmazlıqlar, əlilliyi olan şəxslərin müxtəlif ehtiyaclarına cavab verən fərdi xidmətlərin təmin olunmasında çətinliklər yaradır. Süni intellektin tətbiqi isə sosial xidmətlərdə daha inklüziv, səmərəli və fərdi yanaşmaların inkişafına şərait yarada bilər. Lakin bu texnologiyanın istifadəsi bəzi problemləri də gündəmə gətirir. Əlilliyi olan şəxslər üçün uyğunlaşdırılmış texnoloji həllərin və infrastrukturun çatışmazlığı, etik məsələlər, məlumat təhlükəsizliyi və bərabərlik kimi məsələlər, həmçinin sosial işçilərin yeni texnologiyalardan istifadəyə uyğunlaşdırılması çətinliklərə səbəb olur. Bu tədqiqat, süni intellektin əlilliyi olan şəxslərə təqdim edilən sosial xidmətlərdə necə daha effektiv tətbiq oluna biləcəyini və bu tətbiqin qarşısındakı əsas maneələri araşdırır. Əlilliyi olan şəxslərlə sosial işdə süni intellektin tətbiqi bir çox üstünlük gətirsə də, bununla yanaşı müəyyən çətinliklər də mövcuddur. Bu çətinliklər, texnoloji məsələlərdən sosial və etik problemlərə qədər geniş bir spektri əhatə edir. Süni intellektin əlilliyi olan şəxslərlə sosial işdə tətbiqi zamanı aşağıda qeyd edilən problem və ehtiyaclarla qarşılaşmaq mümkündür:

Məlumatların məxfiliyi və təhlükəsizlik. Süni intellektin əlilliyi olan şəxslərin məlumatlarını toplaması və işləməsi, məlumat təhlükəsizliyi və məxfiliyinə dair ciddi narahatlıqlara səbəb ola bilər. Əlilliyi olan şəxslərin şəxsi və tibbi məlumatlarının qorunması, bu texnologiyanın tətbiqində prioritet olmalıdır.

Etik və sosial düşüncələr. Süni intellektin sosial xidmətlər sahəsində tətbiqi, bəzən etik suallar doğura bilər. Sİ-nin sosial işə inteqrasiyası, insanın qeyri-maddi ehtiyaclarını təhlil etməkdə və qiymətləndirməkdə çətinliklərlə qarşılaşa bilər. Əlilliyi olan şəxslərə verilən sosial xidmətlərdə texnologiyanın düzgün və etik şəkildə tətbiqi təmin edilməlidir.

Texnoloji həssaslıq və əlilliyin növünə uyğunluq. Süni intellektin tətbiq edilməsi üçün texnoloji infrastrukturun əlilliyi olan şəxslərin ehtiyaclarına uyğun olması vacibdir. Texnologiyanın əlilliyi olan şəxslərin istifadəsinə uyğunlaşdırılması, həmçinin təlim və dəstək xidmətləri təmin edilməlidir.

Nəticə.

Əlilliyi olan şəxslərə təqdim olunan sosial xidmətlər ənənəvi olaraq məhdud imkanlarla və insan resurslarına əsaslanır. Bu yanaşmalar bəzən ehtiyaclarla uyğun fərdi xidmətlərin göstərilməsində çətinliklər yaradır. Lakin süni intellekt texnologiyasının tətbiqi bu vəziyyəti dəyişdirə bilər. Sİ, əlilliyi olan şəxslərin fərdi ehtiyaclarına cavab verən, daha sürətli və şəxsiyyətə uyğun xidmətlər təqdim etmək üçün potensiala sahibdir. Bu texnologiya, həmçinin sosial işçilərin iş yükünü azaldaraq, onların resurslardan daha səmərəli istifadə etmələrini təmin edə bilər. Sosial xidmətlər sahəsində süni intellektin tətbiqi, əlilliyi olan şəxslərin həyat keyfiyyətini artırmaq və onların cəmiyyətə inteqrasiyasını gücləndirmək baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Bu tədqiqatın nəticələri, süni intellektin əlilliyi olan şəxslərin sosial xidmətlərində geniş tətbiqinin həm imkanlar, həm də çətinliklər yaratdığını göstərir. Təqdim edilən məlumatlar əsasında, bu texnologiyanın istifadəsinin ən mühüm faydalarından biri, xidmətlərin daha inklüziv və şəxsiyyətə uyğun olmasını təmin etməkdir. Əlilliyi olan şəxslərin təhsil, səhiyyə və sosial dəstək sahələrində daha yaxşı xidmətlər əldə etməsi mümkündür. Bununla yanaşı, süni intellektin sosial xidmətlərdə istifadə edilməsi həm sosial işçilər, həm də istifadəçilər üçün bəzi problemlər yarada bilər. Məlumat

təhlükəsizliyi, etik məsələlər, texnoloji adaptasiya və əlilliyin müxtəlif növlərinə uyğun texnoloji həllərin tətbiqi, bu sahədə qarşılaşılan əsas çətinliklərdən bəziləridir.

Əlilliyi olan şəxslərin sosial xidmətlərə ehtiyacı, hər zaman daha şəffaf, daha əlçatan və daha uyğun təkliflərə yönəlmişdir. Bu sahədə süni intellektin tətbiqi, bu ehtiyacların qarşılanması üçün mühüm addım ola bilər. Lakin, bu texnologiyanın səmərəli tətbiqi üçün mövcud infrastrukturun əlilliyi olan şəxslərin ehtiyaclarına uyğunlaşdırılması, sosial işçilərin bu yeni texnologiyalardan istifadə etmək üçün təlimatlandırılması və etik məsələlərin həlli vacibdir.

Nəticə olaraq, süni intellektin sosial işdə tətbiqi, əlilliyi olan şəxslərin həyatını yaxşılaşdırmaq üçün böyük potensiala malikdir. Lakin, bu texnologiyanın uğurlu tətbiqi, yalnız texnoloji və struktur məsələlərə deyil, həm də sosial və etik məsələlərə diqqət yetirilməsini tələb edir. Bu sahədəki inkişaf, gələcəkdə daha inklüziv və şəffaf sosial xidmətlər sistemlərinin qurulmasına kömək edə bilər. Bu tədqiqatın nəticələri, həm sosial işçilərə, həm də texnologiya sahəsindəki mütəxəssislərə bu sahədəki təkmilləşdirmə istiqamətləri haqqında vacib məlumatlar təqdim edir və əlilliyi olan şəxslər üçün daha effektiv və əhatəli xidmətlərin yaradılmasında əsaslı töhfələr verə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Gustafsson, L., & Hammarberg, M. (2020). *Disability, technology, and social change: Perspectives on inclusive design*. (p.13-15). Routledge.
2. Hansen, M., & Carter, D. (2021). The impact of AI on the quality of life for individuals with disabilities. In R. White & S. Thompson (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Assistive Technology* (p. 45-52). Springer.
3. Smith, J. A., & Roberts, L. T. (2022). Artificial intelligence in social services for people with disabilities: A new approach. *Journal of Disability Studies*, 15(2), 101-115.
4. Yusifov S. (2023). Azərbaycanada əlilliyi olan şəxslərin məşğulluğu və inklüziv əmək bazarının qurulması.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SOCIAL SERVICES FOR PERSONS WITH DISABILITIES: NEW PERSPECTIVES AND NEEDS

ABSTRACT

The aim of this article is to explore the application of artificial intelligence (AI) in social services for persons with disabilities and to identify the potential of this technology in the field of social work. The article discusses the new perspectives and needs that AI offers for individuals with disabilities, particularly in terms of making social services more personalized and inclusive. The advancement of AI holds significant potential to enhance the quality of life for people with disabilities by providing greater independence and opportunities for integration. The article examines how AI technologies affect the daily lives of people with disabilities, especially in the areas of education, healthcare, and

social inclusion. Innovations such as robotic technologies, speech recognition, and personal assistant systems play a major role in facilitating the lives of individuals with disabilities and creating more opportunities for them.

Among the main findings, it is emphasized that AI can help deliver services tailored to the individual needs of persons with disabilities, ensure inclusive education and healthcare support, and create new opportunities in the field of psychological assistance. However, challenges such as data security and ethical concerns must also be taken into account.

Furthermore, the role of artificial intelligence in protecting the rights of persons with disabilities and ensuring social justice is also noteworthy. This technology can facilitate more transparent data analysis and objective assessment of needs, thereby helping to prevent discrimination and subjective approaches in decision-making processes. Such an approach serves to ensure that persons with disabilities have equal rights and opportunities in all areas of society and plays an important role in the fair distribution of social services.

At the same time, the role of social workers is evolving in relation to the application of AI. Unlike traditional approaches, social workers now need to possess skills to work alongside technology and interpret the data provided by AI correctly. This creates new demands for their professional development and highlights the importance of collaboration and technological literacy in improving the quality of social services. Therefore, for the successful implementation of AI, preparation of human resources is just as crucial as technological readiness.

Keywords: social services, persons with disabilities, artificial intelligence, integration, equality.

**ORTA MƏKTƏBDƏ BİOLOGİYA DƏRSLƏRİNİN TƏDRİSİNDƏ İNNOVATİV
TEKNOLOGİYALARDAN İSTİFADƏ**
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537640>

Aslanova Y.A¹, Fərhadzadə M².
yeganeaslanova7@mail.ru
Gəncə Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

İnnovativ texnologiyalardan istifadə – Rəqəmsal resurslar, virtual laboratoriyalar və interaktiv tədris materialları ilə biliklərin mənimsənilməsini gücləndirir. İnnovativ texnologiyalar biologiya dərslərini daha maraqlı, interaktiv və effektiv etməyə kömək edir. Bu texnologiyalar şagirdlərin dərs prosesində aktiv iştirakını təmin edir, tədqiqat bacarıqlarını inkişaf etdirir və mürəkkəb bioloji prosesləri daha anlaşıqlı edir. İnnovativ texnologiyalarının bir sıra üstünlükləri müəyyənləşdirilmişdir ki, bu da məqalədə öz əksini tapır.

Məqalədə orta məktəbdə biologiya dərslərinin tədrisində innovativ texnologiyalardan istifadə, onların növləri, bir sıra üstünlükləri və s. geniş məlumat verilir.

***Açar sözlər:** biologiya, tədris, innovativ texnologiyalar, interaktiv tədris*

MATERIAL VƏ METODLAR

Bu tədqiqatın məqsədi biologiya dərslərində innovativ tədris metodlarının tətbiqinin şagirdlərin dərsə marağını və anlayış səviyyəsini artırmasına təsirini öyrənməkdir. Tədqiqat zamanı həm nəzəri, həm də praktik metodlardan istifadə edilmişdir. Bu metodlara aşağıdakılar aiddir.

Eksperimental metod: - Şagirdlər iki qrupa bölünüb. Eksperimental qrupda innovativ metodlardan – interaktiv oyunlar, virtual laboratoriyalar, layihə əsaslı öyrənmə və qrup işi tətbiq edilib. Nəzarət qrupunda isə ənənəvi tədris üsulları (mühazirə, şifahi izah, sual-cavab) ilə dərs keçilib.

Müşahidə və sorğu metodu: - Hər iki qrupda tədris prosesi müşahidə olunub, dərslər zamanı və sonrasındakı şagirdlərin fəallığı və marağı qiymətləndirilib. Sorğular vasitəsilə şagirdlərin dərsə münasibəti və anlayış səviyyəsi öyrənilib.

Qiymətləndirmə və müqayisə: - Hər iki qrupun dərs sonundakı qiymətləndirmə nəticələri (test nəticələri, layihə işi, iştirak səviyyəsi) müqayisə olunaraq təhlil edilib.

Statistik analiz: - Əldə olunan nəticələr SPSS proqramı və ya sadə faiz və ortalama üsulu ilə analiz olunub. Eksperimental və nəzarət qruplarının nəticələri arasındakı fərq statistik olaraq qiymətləndirilib.

ƏLDƏ OLUNAN NƏTİCƏLƏR VƏ MÜZAKİRƏLƏR

Bildiyimiz kimi innovativ texnologiyalara rəqəmsal və interaktiv tədris vasitələri, mobil tətbiqlər və onlayn resurslar, kodlaşdırma və süni intellekt tətbiqləri, oyunlaşdırma (Gamification) və VR/AR təcrübələri, sosial media və onlayn kollaborasiya və s. daxildir[1,2].

1. Rəqəmsal və interaktiv tədris vasitələrinə virtual laboratoriyalar və simulyasiyalar, 3D modellər və artırılmış reallıq (AR), İnteraktiv ağ lövhələr və smart tafellər aiddir.

Virtual laboratoriyalar və simulyasiyalar - PhET Interactive Simulations, Labster, Bioman Biology kimi platformalar vasitəsilə şagirdlər real laboratoriya şəraitinə ehtiyac olmadan bioloji təcrübələr aparırlar. Məsələn: Şagirdlər fermentlərin təsirini və ya hüceyrə bölünməsinə interaktiv şəkildə öyrənə bilirlər.

"Bioman Biology" platforması, interaktiv simulyasiyalarla biologiya mövzularını öyrənməyə imkan verən bir tədris alətidir. Fermentlərin təsiri və hüceyrə bölünməsi kimi mövzular bu platformada əyani şəkildə təqdim olunur. Gəlin bu iki mövzuya Bioman vasitəsilə necə baxıldığı aşağıdakı kimi izah edilir.

a). Fermentlərin təsiri (Enzyme Lab)

Bioman Biology-dəki "Enzyme Lab" bölməsi fermentlərin necə işlədiyini, temperatur, pH və substrat konsentrasiyasının ferment fəaliyyətinə necə təsir etdiyini öyrənməyə imkan verir. Bu bölmədə şagird və ya tələbə:

Ferment və substrat modelləri ilə təcrübələr aparır,

Optimal şəraiti müəyyənləşdirir,

Fermentlərin spesifikliyi və aktivlik diapazonunu anlayır.

b). Hüceyrə bölünməsi (Cell Division)

Bioman Biology-dəki "Cell Division" və ya "Mitosis" simulyasiyası tələbəyə hüceyrənin bölünmə mərhələlərini əyani şəkildə izləməyə imkan verir. Burada:

Mitozun mərhələləri (profaza, metafaza, anafaza, telofaza və sitokinez) vizual olaraq göstərilir.

Şagird və ya tələbə hüceyrə bölünməsi zamanı xromosomların hərəkətini izləyir.

Təcrübə rejimində bölünmə mərhələlərinin düzgün ardıcılığını təyin edə bilir.

Bu interaktiv yanaşma sayəsində tələbələr nəzəri məlumatları daha asan mənimsəyir və öz sürətləri ilə öyrənə bilirlər.

3D modellər və artırılmış reallıq (AR) - Google Expeditions, Human Anatomy Atlas kimi tətbiqlər hüceyrə quruluşunu, insan anatomiyasını və bitkilərin daxili strukturlarını 3D formatında araşdırmağa imkan verir. Məsələn: Şagirdlər DNT molekulunun quruluşunu virtual reallıq (VR) və ya artırılmış reallıq (AR) eynəkləri ilə öyrənə bilirlər.

DNT molekulunun quruluşunu virtual reallıq (VR) vasitəsilə öyrənmək biologiya təhsilində olduqca innovativ və effektiv üsuldur. Virtual reallıq vasitəsilə DNT-nin üçölçülü quruluşunu ətraflı şəkildə izləmək tələbələrə onun spiral formasını, baza cütlərini və molekulyar qarşılıqlı təsirləri daha dərinləndirən anlamağa imkan verir.

DNT-nin quruluşunu VR ilə öyrənmək üçün platformalar və imkanlar:

A. BioVR və ya DNA VR tətbiqləri

Üçölçülü model: DNT-nin ikiqat spiral quruluşu, fosfat-şəkər skeleti, azotlu baza cütləri (A-T və G-C) interaktiv şəkildə göstərilir.

Mikro səviyyədə baxış: İstifadəçi molekulun içərisinə "daxil olub" atomlararası qarşılıqlı təsirləri görə bilər.

Animasiya: DNT-nin replikasiyası, transkripsiyası və digər bioloji proseslər dinamik şəkildə təqdim olunur.

B. Victory XR və ya Labster kimi VR təhsil platformaları aşağıdakılardır.

VictoryXR və Labster kimi platformalarda DNT strukturu və funksiyası üzrə simulyasiyalar mövcuddur.

VR eynəkləri (məs., Oculus Rift, Meta Quest, HTC Vive) ilə uyğun işləyir.

DNT-nin quruluşu, genin ekspressiya prosesi və mutasiyalar əyani şəkildə izah olunur.

C. Google Expeditions (Virtual Tours)

DNT və hüceyrə quruluşu üzrə 360 dərəcə virtual turlar mövcuddur.

Sadə telefon və karton VR eynəyi ilə belə interaktiv öyrənmə mümkündür.

Əgər VR imkan yoxdursa, bu mövzu 3D animasiyalar və interaktiv veb əsaslı modellərlə də öyrənilə bilər. Məsələn:

<https://www.pbs.org/wgbh/nova/labs/lab/dna/>

<https://learn.genetics.utah.edu/content/basics/>

İnteraktiv ağ lövhələr və smart tafellər - Müəllimlər Smart Board, Promethean Activpanel kimi lövhələrdən istifadə edərək interaktiv diaqramlar çəkmə, animasiyalar göstərmə və dərsləri daha dinamik edə bilərlər.

Mobil tətbiqlər və onlayn resurslara biologiya tədrisi üçün mobil tətbiqlər, rəqəmsal ensiklopediyalar və video dərslər misal ola bilər.

Biologiya tədrisi üçün mobil tətbiqlər - Khan Academy, Coursera, Edmodo, Quizlet kimi platformalar şagirdlərə əlavə biliklər əldə etmək, tapşırıqları yerinə yetirmək və biliklərini möhkəmləndirmək üçün geniş imkanlar yaradır. PlantNet və iNaturalist tətbiqləri ilə şagirdlər bitki və heyvan növlərini müəyyən edə bilirlər.

iNaturalist, istifadəçilərə təbiətdə rast gəldikləri canlıları (xüsusilə də bitki və heyvan növlərini) müəyyən etməyə kömək edən məşhur bir vətəndaş elmi (citizen science) platformasıdır [6]. Bu tətbiqin bitki növlərinin müəyyən edilməsində necə işlədiyinə nəzər salaq:

iNaturalist tətbiqləri ilə bitki növlərinin müəyyən edilməsinin 4 növü mövcuddur.

1. Şəkil əsasında tanıma - iNaturalist mobil tətbiqində və ya veb saytında istifadəçilər rast gəldikləri bitkilərin şəklini çəkərək yükləyirlər. Tətbiq bu şəkli təlim keçmiş maşın öyrənmə (machine learning) modelləri vasitəsilə təhlil edir və ən uyğun ehtimal olunan növ adlarını təklif edir.

2. Coğrafi yerləşməyə əsaslanan filtr - Tətbiq fotosəkil çəkilən yerin coğrafi məlumatlarını da nəzərə alaraq, həmin bölgədə rast gəlinən növlər siyahısını önə çıxarır. Bu, təkliflərin daha dəqiq olmasına kömək edir.

3. İcma dəstəyi - iNaturalist-in güclü icması var. Fotosəkil yükləndikdən sonra, digər istifadəçilər – xüsusilə təbiətşünaslar və botanika mütəxəssisləri – müşahidəni təsdiqləyə və ya düzəliş edə bilərlər. Bu da identifikasiyanın daha dəqiq olmasını təmin edir.

4. Məlumat bazası yaratmaq - iNaturalist-də toplanan məlumatlar elmi tədqiqatlar üçün açıqdır. Bitki növlərinin yayılma arealı, müxtəlif ekosistemlərdəki müxtəlifliyi və iqlim dəyişikliyi təsirləri kimi mövzularda istifadə oluna bilər.

iNaturalist həm sahə müşahidələrinin rəqəmsallaşdırılması, həm də tanınmanın avtomatlaşdırılması baxımından çox faydalı vasitədir.

Rəqəmsal ensiklopediyalar və video dərslər - National Geographic, BBC Earth, TED-Ed Biology kimi mənbələrdən istifadə etməklə şagirdlər biomüxtəliflik, ekosistemlər və digər mövzular haqqında əyani və maraqlı məlumatlar ala bilərlər.

Biomüxtəlifliyin öyrənilməsi canlıların növ, genetik və ekosistem səviyyəsində müxtəlifliyini araşdırmaq və bu müxtəlifliyin qorunmasının əhəmiyyətini başa düşmək məqsədi daşıyır. Bu mövzu biologiya, ekologiya və mühafizə elmlərində əsas yerlərdən birini tutur.

Biomüxtəlifliyin əsas səviyyələri aşağıdakılardır:

Genetik müxtəliflik – Eyni növ daxilində fərdlər arasındakı genetik fərqlər (məsələn, fərqli rənglər, ölçülər və ya xəstəliklərə davamlılıq).

Növ müxtəlifliyi – Müəyyən bir ərazidə yaşayan canlı növlərinin sayı və zənginliyi.

Ekosistem müxtəlifliyi – Müxtəlif ekosistemlərin (meşə, bataqlıq, çay, çöl və s.) birgə mövcudluğu.

Biomüxtəlifliyin bir neçə öyrənilmə üsulları vardır. Bunlara aşağıdakılar aiddir.

1. Sahə tədqiqatlarına (Field studies) -müşahidə və nümunə toplama (bitki, heyvan, torpaq və s.), transekt və kvadrat üsulları ilə növ sıxlığının hesablanması, foto tələlər və GPS cihazları ilə canlıların monitorinqi aiddir.

2. Laborator tədqiqatlara - genetik analizlər (DNA barcoding), mikroorqanizmlərin və torpaq canlılarının öyrənilməsi aiddir.

3. Rəqəmsal və texnoloji vasitələr GIS və uzaqdan zondlama (Remote Sensing): Biomüxtəlifliyin coğrafi yayılmasını analiz etmək, verilənlər bazaları və biomüxtəliflik atlasları – GBIF (Global Biodiversity Information Facility) kimi platformalar, mobil tətbiqlər: Naturalist, Seek, Pl@ntNet kimi tətbiqlərlə biomüxtəlifliyi və növləri müəyyən edilir.

4. Virtual reallıq və simulyasiyalar vasitəsilə biomüxtəliflik mövzularını virtual mühitdə interaktiv öyrənmək üçün VR tətbiqləri və 3D ekosistem modelləri aiddir.

Kodlaşdırma və süni intellekt (AI) tətbiqlərinə biologiyada kodlaşdırma və rəqəmsal təhlil, süni intellektlə bioloji tədqiqatlar aiddir.

Biologiyada kodlaşdırma və rəqəmsal təhlil - Scratch və Python kimi proqramlaşdırma dilləri ilə şagirdlər bioloji məlumatları analiz edə bilərlər. Məsələn: Genetik ardıcılıqların təhlili və mutasiya modellərinin hazırlanması.

Süni İntellektlə Bioloji Tədqiqatlar - AI alqoritmləri şagirdlərə gen analizi, xəstəliklərin diaqnostikası və biomüxtəlifliyin öyrənilməsi kimi sahələrdə yeni metodlarla işləməyə imkan verir.

Oyunlaşdırma (Gamification) və VR/AR təcrübələrinə bioloji oyunlar və simulyasiya proqramları, virtual və artırılmış reallıq ilə öyrənmə daxildir.

Bioloji oyunlar və simulyasiya proqramları - "Spore", "Cellcraft", "Bioman biology" kimi oyunlar bioloji mövzuları əyləncəli şəkildə öyrətməyə kömək edir. Məsələn: "Cellcraft" oyunu hüceyrə daxilində gedən prosesləri interaktiv şəkildə öyrədir [3].

"CellCraft" hüceyrə daxili proseslərin öyrənilməsi üçün nəzərdə tutulmuş interaktiv təlim platforması və ya simulyasiya oyunudur. Bu platformanın əsas məqsədi istifadəçilərə hüceyrənin strukturu və funksional orqanelləri haqqında praktiki biliklər verməkdir. Həmçinin hüceyrə daxilində baş verən dinamik prosesləri əyani şəkildə anlamağa kömək etməkdir. "CellCraft" haqqında daha ətraflı məlumat aşağıda verilir.

1. Platformanın bir neçə xüsusiyyəti vardır.

İnteraktiv simulyasiya: - İstifadəçilər hüceyrənin müxtəlif orqanelləri ilə qarşılıqlı əlaqədə olub onların funksiyalarını araşdırırlar. Məsələn, ribosomların protein sintezində, mitoxondriyanın enerji istehsalında və lizozomların tullantıları parçalama prosesindəki rolları öyrənmək mümkündür.

Proseslərin dinamik təsviri: - Hüceyrə bölünməsi, metabolik proseslər, signal ötürülməsi və digər daxili proseslər animasiya və interaktiv elementlər vasitəsilə təqdim olunur. Bu, tələbələrin nəzəri məlumatları praktikaya çevirməsi üçün ideal şərait yaradır.

Problemlərin həlli və strateji düşüncə: - Platforma, istifadəçilərə müxtəlif çətinliklərlə qarşılaşma və strategiyalar tərtib edərək hüceyrənin resurslarını səmərəli idarə etməyi tələb edir. Bu da tənqidi düşüncə və problemlərin həlli bacarıqlarını inkişaf etdirir.

2. Tədris və öyrənmə perspektivlərinin xüsusiyyətləri aşağıdakılardır.

Əyləncəli və effektiv öyrənmə: - Təhsil prosesində oyun elementlərinin tətbiqi, tələbələrin öyrənməyə marağını artırır və mürəkkəb prosesləri daha asan mənimsəmələrinə şərait yaradır.

Real dünya tətbiqləri: - Hüceyrə daxili proseslərin dərindən öyrənilməsi tibb, biotexnologiya və bioloji elmlər sahəsində praktik biliklərin əldə edilməsində mühüm rol oynayır. "CellCraft" kimi platformalar, laboratoriya təcrübələrinə əlavə olaraq, nəzəri biliklərin interaktiv tədrisini təmin edir.

Multidissipliner yanaşma: - Platforma biologiya, kimya və fizikanın kəsişmə nöqtələrində baş verən prosesləri əhatə edərək, istifadəçilərin müxtəlif elmi sahələr arasında əlaqələr qurmasına kömək edir.

3. Tətbiq sahələri

Təhsil mərkəzləri və universitetlər: - "CellCraft" kimi simulyasiya platformaları, dərslər mühitində və laboratoriya işlərində istifadə olunaraq tələbələrin hüceyrə biologiyası mövzularını dərinləşdirir.

Onlayn öyrənmə və kurslar: - Virtual təhsil platformalarında inteqrasiya edilərək, geniş auditoriyaya praktiki və nəzəri məlumatların verilməsində əhəmiyyətli rol oynayır.

Məlumat təqdimatı və ilham mənbəyi: - Hüceyrə biologiyasının maraqlı və mürəkkəb proseslərini əyani şəkildə təqdim edərək, elmi maraqları artırmaq və elm dünyasında karyera qurmaq üçün ilham mənbəyi ola bilər.

"CellCraft" kimi interaktiv yanaşmalar, mürəkkəb biologiya mövzularının öyrənilməsində ənənəvi metodlara alternativ olaraq geniş tətbiq olunur və tələbələrin nəzəri bilikləri praktiki təcrübələrlə möhkəmləndirməsinə kömək edir.

Virtual və artırılmış reallıq ilə öyrənmə - VR və AR texnologiyaları hüceyrənin daxili quruluşunu, DNT-nin quruluşunu və ya insan orqanizminin işləmə prinsiplərini daha real şəkildə göstərir. Məsələn: Şagirdlər VR eynəklərdən istifadə edərək insan ürəyinin necə işlədiyini müşahidə edə bilirlər.

Sosial media və onlayn kollaborasiya Bioloqlar və YouTube kanalı yaratmaq, onlayn müzakirələr və forumlar təşkil etməkdən ibarətdir.

Bioloqlar və YouTube kanalı yaratmaq – Şagirdlər öz biologiya bloqlarını yarada və elmi məqalələr yaza bilirlər. YouTube kanalı açaraq elmi təcrübələr və biologiya dərsləri ilə bağlı videolar paylaşa bilirlər.

Onlayn müzakirələr və forumlar – Google Classroom, Microsoft Teams, Padlet, Kahoot kimi platformalarda müəllimlər interaktiv sual-cavab sessiyaları təşkil edə bilirlər.

Nəticə

İnnovativ texnologiyalarının bir sıra üstünlükləri müəyyənləşdirilmişdir. O cümlədən, orta məktəbdə biologiya dərslərinin tədrisində innovativ texnologiyalardan istifadə, onların növləri, bir sıra üstünlükləri vardır ki, onlar aşağıdakılardır.

Bioloji prosesləri daha real və anlaşıqlı edir, maraq və motivasiyanı artırır, interaktiv və əyləncəli öyrənmə mühiti yaradır, tədqiqat aparmaq və elmi metodları öyrənmək imkanı yaradır, fərdi və qrup şəklində öyrənməyə kömək edir.

Biologiya dərslərində bu innovativ texnologiyaların tətbiqi şagirdlərin elmə marağını artırılmasına və XXI əsr bacarıqlarının inkişafına töhfə verilməsinə təkan verir.

ƏDƏBİYYAT

1. Babayev M., Məcidov M. Biologiyanın tədrisi metodikası (Ali məktəblər üçün dərs vəsaiti), Bakı: "Nurlan", 2005, 184 s.
2. Hacıyeva G. Biologiyanın tədrisi metodikası (Ali məktəblər üçün dərs vəsaiti), Bakı: "Polygraphic Production", 2018, 359 s.
3. Hacıyeva H.M., Abdullayeva T.Q., Hacıbəyova E.Ə. Ümumtəhsil məktəblərində biologiyanın fəal təlim metodları ilə tədrisi metodikası, Bakı, 2014, 212 s.
4. Hacıyeva H.M., Məhərrəmov Ə.M., İsmayılov Q.K., Qafarova İ.V. Biologiyanın inkişaf tarixi və metodologiyası, Bakı, 2009, 196 s.
5. Hüseynov Ə. Orta məktəbdə biologiya tədrisinin təkmilləşdirilməsinin başlıca istiqamətləri və optimal təşkili yolları, Bakı: ADPU, 1997, 150 s.
6. <https://www.inaturalist.org/>

USING INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN TEACHING BIOLOGY LESSONS IN SECONDARY SCHOOL

SUMMARY

Use of innovative technologies – Enhances knowledge acquisition with digital resources, virtual laboratories and interactive teaching materials. Innovative technologies help to make biology lessons more

interesting, interactive and effective. These technologies ensure the active participation of students in the teaching process, develop research skills and make complex biological processes more understandable. A number of advantages of innovative technologies have been identified, which are reflected in the article.

In the article, the use of innovative technologies in the teaching of biology classes in high school, their types of use, a number of advantages, etc. extensive information is provided.

Keywords: *biology, teaching, innovative technologies, interactive teaching*

MİNGƏÇEVİR DÖVLƏT UNIVERSİTETİNDƏ BULUD TEXNOLOGİYALARININ VƏ DİSTANT TƏHSİLİN TƏTBİQİ VƏ İNKİŞAF PERSPEKTİVLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537666>

Abdullayeva Zərxanım Vüqar qızı

zerkhanimabdullazadeh@gmail.com

Mingəçevir Dövlət Universiteti

Açar sözlər: Mingəçevir Dövlət Universiteti, bulud texnologiyaları, distant təhsil, tədris texnologiyaları, təhsil innovasiyaları, e-öyrənmə.

Giriş

Müasir dövrdə informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının (İKT) sürətli inkişafı cəmiyyətin bütün sahələrinə, o cümlədən təhsil sisteminə mühüm təsir göstərməkdədir. Təhsil sahəsindəki bu transformasiya ənənəvi tədris metodlarının yerini daha çevik, əlçatan və texnologiya əsaslı yanaşmalara buraxmasına səbəb olmuşdur. Bu kontekstdə bulud texnologiyaları və distant (məsafədən) təhsil anlayışları təhsil sisteminin yenidən formalaşmasında əsas istiqamətlərdən biri kimi çıxış edir.

Bulud texnologiyaları istifadəçilərə internet vasitəsilə məlumatlara hər yerdən və istənilən cihazdan çıxış imkanı təqdim edir. Bu texnologiya təhsil müəssisələri üçün maliyyə, infrastruktur və idarəetmə baxımından səmərəli imkanlar yaradır. Digər tərəfdən, distant təhsil modeli tələbələrin və müəllimlərin fiziki məkan baxımından bir yerdə olmadan tədris prosesində iştirakını təmin edir. Bu, xüsusilə pandemiya dövründə bütün dünyada olduğu kimi Azərbaycanda da təhsil sistemində əhəmiyyətli dönüş nöqtəsinə çevrilmişdir.

Azərbaycanın müxtəlif ali təhsil müəssisələri, o cümlədən Mingəçevir Dövlət Universiteti (MDU) də bu global texnoloji dəyişikliklər fonunda öz təhsil strategiyasını yeniləməyə başlamış, bulud əsaslı platformalardan və distant təhsil imkanlarından daha geniş istifadə etməyə başlamışdır. MDU son illərdə rəqəmsal texnologiyaların tətbiqinə xüsusi önəm verərək, elektron təhsil mühitinin formalaşdırılması, tədris resurslarının rəqəmsallaşdırılması və tələbə-müəllim əməkdaşlığının onlayn müstəvidə təşkili istiqamətində müxtəlif layihələr həyata keçirmişdir.

Bu məqalədə Mingəçevir Dövlət Universitetində bulud texnologiyalarının və distant təhsilin tətbiqi vəziyyəti təhlil ediləcək, mövcud nailiyyətlər və problemlər araşdırılacaq, həmçinin bu sahələrin gələcək inkişaf perspektivlərinə dair təkliflər veriləcəkdir. Məqsəd, texnologiyanın təhsildə effektivliyini artırmaq və müasir təhsil tələblərinə cavab verən bir sistemin qurulmasında MDU-nun potensial imkanlarını dəyərləndirməkdir.

Mingəçevir Dövlət Universitetində bulud texnologiyalarının inkişafı. Bulud texnologiyaları informasiya texnologiyalarının inkişafında mühüm bir mərhələni təşkil

edir. Bu texnologiyalar internet üzərindən müxtəlif xidmətləri istifadəçilərə təqdim edərək, onlara məlumatlara asanlıqla çıxış imkanı yaradır. Təhsil sahəsində bulud texnologiyalarının tətbiqi müasir təhsilin əhəmiyyətli bir hissəsinə çevrilmişdir. [1] [6]

Mingəçevir Dövlət Universiteti müxtəlif sahələrdə təhsil və tədqiqatları əhatə edən çoxşaxəli bir təhsil müəssisəsinə çevrilib. Bu universitet müasir təhsil yanaşmaları ilə seçilir və tələbələrə yüksək keyfiyyətli təhsil təqdim etməyə çalışır. Universitet həmçinin beynəlxalq əlaqələrini inkişaf etdirir və tələbələrinə müxtəlif beynəlxalq təhsil və təcrübə imkanları təqdim edir. Təhsil prosesi zamanı, tələbələrə nəzəri biliklərə əsaslanmaqla yanaşı, praktiki bacarıqlar da qazandırılır. Bu məqsədlə müasir texnologiyalardan geniş istifadə olunur. Mingəçevir Dövlət Universitetində bulud texnologiyalarının tətbiqi bir neçə əsas sahədə mövcuddur:

- **Təhsil materiallarının saxlanması və paylaşılması:** Universitetdə dərslər vəsaitləri, tapşırıqlar və digər tədris materialları bulud əsaslı platformalarda yerləşdirilərək tələbələrə hər zaman və hər yerdə daxil olmaq imkanı yaradılır. Bu, tələbələrin tədris materiallarına sərbəst çıxışını təmin edir.
- **Onlayn dərslər və seminarlar:** Bulud texnologiyaları onlayn dərslərin keçirilməsini asanlaşdırır. Zoom, Microsoft Teams kimi platformalar üzərindən onlayn dərslər və seminarlar təşkil edilir ki, bu da tələbələrin təhsil prosesinə məsafədən qatılmasına imkan verir. Onlayn dərslərin keçirilməsi ilə yanaşı, xarici universitetlərlə də əlaqələr qurulur, müxtəlif konfranslar keçirilir.
- **Məktəb idarəetmə sistemləri:** Tələbələrin qiymətləndirilməsi, dərslər proqramlarının idarə olunması və digər administrativ işlər bulud texnologiyaları ilə daha sürətli və effektiv şəkildə həyata keçirilir.

Mingəçevir Dövlət Universitetində distant təhsilin inkişafı. Distant təhsil, təhsil alma prosesinin fiziki olaraq tədris müəssisəsindən uzaqda aparılmasıdır. Distant təhsilin inkişafı tələbələrə və müəllimlərə təhsil prosesinə daha çevik və rahat şəkildə qoşulma imkanı verir. Mingəçevir Dövlət Universitetində (MDU) distant təhsil tarixi və inkişafı Azərbaycanda təhsilin modernləşdirilməsi və texnologiyaların tətbiqi ilə əlaqədar olaraq, xüsusilə 2000-ci illərin əvvəllərindən başlayıb. Bu dövr ərzində universitetin distant təhsil sistemində olan tələbat artmış və bu sahədə müxtəlif inkişafalar baş vermişdir. Mingəçevir Dövlət Universiteti, Azərbaycanın digər ali təhsil müəssisələri ilə birlikdə, ilk növbədə ənənəvi təhsil üsullarına əsaslanırdı. Lakin texnoloji inkişaf və internetin geniş yayılması ilə universitetin təhsil sahəsində də yeniliklərə ehtiyac duyulmağa başladı. Bu dövr, distant təhsilin inkişafı üçün əsas zəminin yaranmağa başladığı dövrdür. 2000-ci illərin ortalarında Mingəçevir Dövlət Universiteti internet texnologiyalarını təhsildə tətbiq etməyə başladı. Universitetin distant təhsil proqramları genişlənməyə başladı, belə ki, tələbələrə daha çox rahatlıq və çeviklik təklif edirdi. Eyni zamanda, distant təhsil üçün xüsusi platformalar və resurslar hazırlanırdı. 2010-cu illərdə MDU distant təhsilin tətbiqində daha da irəlilədi.

Universitetin müxtəlif fakültələrində distant təhsil proqramları təklif olunmağa başladı və onlayn dərslər, video materiallar, interaktiv tapşırıqlar, forumlar və digər təhsil alətlərindən istifadə edilirdi. Distant təhsil proqramları tələbələrə iş, ailə və digər öhdəlikləri ilə əlaqəli olaraq daha çevik təhsil almağa imkan verdi. 2020-ci illərdə COVID-19 pandemiyası, bütün dünyada olduğu kimi, Azərbaycanda da təhsil sahəsində uzaqdan təhsil üsulunun sürətli inkişafına səbəb oldu. Mingəçevir Dövlət Universiteti, bu yeni dövrə uyğun olaraq onlayn təhsil platformalarına keçid etdi və tələbələrə geniş tədris resursları və interaktiv alətlər təqdim etdi.[5] [6]

Mingəçevir Dövlət Universitetində distant təhsil bir neçə əsas aspektdə həyata keçirilir:

- **E-öyrənmə platformaları:** MDU müxtəlif e-öyrənmə platformalarından istifadə edir. Bu platformalar tələbələrə dərslər materiallarına onlayn giriş imkanı verir, mühazirələrin videoları və qeydiyyatları təqdim olunur və tələbələrə dərslər keçmə imkanı verilir.
- **İnteraktiv dərslər:** Distant təhsil zamanı tələbələrin iştirakını təmin etmək məqsədilə interaktiv dərslər metodlarından istifadə olunur. Bu metodlar dərslər zamanı tələbələrin aktiv iştirakını artırır və onları dərslər mövzularında daha çox düşündürür.
- **Tədris və qiymətləndirmə sistemləri:** Distant təhsil sistemində qiymətləndirmə həm müəllimlər, həm də tələbələr üçün daha şəffaf və effektiv olur. Tələbələrin dərslərə qatılması, onlara verilən tapşırıqlar və qiymətləndirmə prosesi internet üzərindən izlənilə bilər.[4]

Mingəçevir Dövlət Universitetində Bulud Texnologiyaları və Distant Təhsilin Gələcək Perspektivləri. MDU-da bulud texnologiyalarının və distant təhsilin tətbiqi getdikcə daha da genişlənir. Bu sahələrdə inkişaf perspektivləri bir neçə əsas istiqamətdə nəzərdə tutulur:

Yeni texnologiyaların tətbiqi: Gələcəkdə universitetdə əlavə olaraq daha çox texnoloji yeniliklərin tətbiqi planlaşdırılır. Məsələn, süni intellekt və böyük verilənlər (big data) kimi texnologiyalar təhsil prosesinə daxil ediləcək, dərslərin daha effektiv və fərdi şəkildə aparılmasına imkan yaradılacaqdır. Böyük verilənlər ilə təhsil prosesində tələbələrin performansları, dərslərə maraqları və digər faktorlar haqqında daha dərin məlumatlar toplanaraq daha fərdi və effektiv tədris həyata keçirilə bilər. MDU-da mövcud olan e-öyrənmə platformalarının daha interaktiv və istifadəçi dostu olması üçün yeni funksiyalar əlavə edilə bilər. Məsələn, dərslər müzakirələri, tələbələr arasında qrup layihələri və dərslər tapşırıqları üçün daha geniş imkanlar yaradılmalıdır. Mobil tətbiqlər üzərindən tələbələrin dərslər cədvəli, qiymətləndirmələri, dərslər materiallarına çıxışı kimi məlumatlara rahatlıqla daxil olmalarını təmin edəcək bir sistem qurulması faydalı olar.[2]

Təhsil keyfiyyətinin artırılması: Distant təhsilin və bulud texnologiyalarının inkişafı ilə tələbələrə daha interaktiv və yüksək keyfiyyətli tədris imkanları təqdim ediləcəkdir. Bu, həmçinin müəllimlərin tədris metodlarını müasir tələblərə uyğunlaşdırmalarını təmin edəcəkdir. Mingəçevir Dövlət Universitetində əlavə sertifikatlaşdırma proqramları təqdim edilməsi tələbələrə əlavə biliklər qazandırar və onların iş bazarına hazırlığını gücləndirər. Sertifikatlaşdırma proqramları həm beynəlxalq, həm də yerli əmək bazarında tələb olunan bacarıqlar üzrə hazırlana bilər, bu da tələbələrin fərqli sahələrdə fəaliyyət göstərə bilmələrini təmin edir.

Təhsil sahəsində beynəlxalq əməkdaşlıq: Bulud texnologiyaları və distant təhsil platformalarının tətbiqi universitetlər arasında beynəlxalq əməkdaşlığı asanlaşdıracaq. MDU digər xarici təhsil müəssisələri ilə birgə daha çox layihələr həyata keçirə bilər və tələbələrə müxtəlif ölkələrdən təhsil almaq imkanları yaradılar. MDU beynəlxalq təhsil müəssisələri ilə əlaqə quraraq, tələbələrə *global təhsil platformaları* üzərindən təhsil imkanları təqdim edə bilər. Bu cür əməkdaşlıqlar tələbələrin beynəlxalq təcrübə əldə etmələrinə və müxtəlif mədəniyyətlərdən olan insanlarla işləmələrinə şərait yaradar.

Müasir texnologiyaların tətbiqi zamanı yaranan çətinliklər və həlli yolları. Bulud texnologiyalarının və distant təhsilin tətbiqi bir sıra çətinliklərlə üzləşə bilər:

- **İnfrastruktur və texniki çətinliklər:** Bulud texnologiyalarının tətbiqi üçün güclü internet bağlantısı və müasir infrastruktur tələb olunur. Bu, bəzi universitetlərdə çətinliklər yarada bilər.
- **Müəllim və tələbələrin uyğunlaşması:** Distant təhsil və yeni texnologiyalarla işləmək müəllimlər və tələbələr üçün bəzən çətin ola bilər. Bu səbəbdən, onların texnologiyalara adaptasiya olunması üçün xüsusi təlimlər təşkil edilməlidir.
- **Tədris keyfiyyəti:** Onlayn təhsilin keyfiyyətini qorumaq və tələbələrin dərslərə daha aktiv qatılmalarını təmin etmək vacibdir.

Nəticə

Mingəçevir Dövlət Universiteti bulud texnologiyaları və distant təhsil sahəsində innovativ addımlar ataraq təhsil keyfiyyətini artırmağı hədəfləyir. Bu texnologiyaların daha da inkişaf etdirilməsi universitetin rəqəmsal transformasiya strategiyasını daha effektiv hala gətirəcək. Bulud texnologiyalarının və distant təhsilin geniş miqyasda tətbiqi, universitetin global akademik mühitdə daha rəqabətqabiliyyətli olmasına töhfə verəcək. Gələcəkdə daha genişmiqyaslı rəqəmsal sistemlərin tətbiqi və bulud texnologiyaları ilə təhsilin tam integrasiyası, MDU-nun təhsil strategiyasının əsas istiqamətlərindən biri olacaq.

Ədəbiyyat Siyahısı.

1. E.N.Bayramova "Bulud texnologiyaları, strukturu, növləri və tətbiq sahələri." 2023.
2. Əhmədov İ.B , E.K.Kərimli "Tədris prosesində elektrən təhsil resuslarının tətbiqi." 2022
3. Ələkbərov R.Q., Həşimov M.A. AzScienceNet şəbəkəsində cloud computing texnologiyalarının tətbiqi perspektivləri haqqında: İnformasiya texnologiyaları problemləri, 2012, №2, s.30–36.
4. Əlizadə, T. (2019). "Distant təhsilin əsas modelləri və metodları"
5. İsmayılova, B. (2014). "Distant təhsil: üstünlüklər, çatışmazlıqlar və müsbət təcrübə."
6. Rəsmi sayt: <https://mdu.edu.az/>

İQTİSADIYYATDA İNTELLEKTUAL İNFORMASIYA SİSTEMLƏRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537679>

Cahan QULİYEVA

cahan.quliyeva0901@mail.ru

ORCID: 0000-0002-3568-1788

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti

Xülasə. İqtisadiyyatda intellektual informasiya sistemləri böyük həcmdə məlumatların emalı, analizi və qərar qəbul etmədə süni intellekt və maşın öyrənməsi texnologiyalarından istifadə edən sistemlərdir. Bu sistemlər müəssisələrin fəaliyyətini optimallaşdırmaq, bazar trendlərini proqnozlaşdırmaq və resurslardan daha səmərəli istifadə etmək üçün tətbiq edilir. İqtisadi modelləşdirmə, avtomatlaşdırılmış biznes prosesləri və risk idarəetməsi sahələrində geniş istifadə olunur. Bu texnologiyalar real vaxt rejimində data analizi apararaq iqtisadi qərarların daha dəqiq və effektiv olmasına kömək edir. Təşkilatın informasiya sistemlərinin idarəetmə strukturu, texnologiyaların effektiv istifadəsini və təşkilatın uzunmüddətli məqsədlərinə çatmasını təmin etmək üçün vacibdir. Bu strukturun düzgün tətbiqi və inkişafı, təşkilatın qarşısında duran çağırışlara cavab verməyə və yeni imkanlardan faydalanmağa imkan yaradır. Süni intellekt (Sİ) sistemlərinin tədqiqi və iqtisadiyyatda rolu son illərdə böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu sahə yalnız texnologiya və elmi inkişafı ilə bağlı deyil, həm də iqtisadiyyatda geniş dəyişikliklərə səbəb olur. Süni intellektin tədqiqi və tətbiqi, həm elmi, həm də praktiki aspektlərdə mühüm təsirlər yaradır. Süni intellektin tədqiqi və tətbiqi iqtisadiyyatda çoxsaylı dəyişikliklərə səbəb olur. Bu, yalnız istehsalın və xidmətlərin effektivliyini artırmaqla kifayətlənmir, həm də iş bazarında, təhsil sistemində və digər sahələrdə böyük yeniliklərə yol açır. Süni intellektin inkişafı həmçinin iqtisadiyyatda daha geniş və davamlı inkişafa səbəb ola bilər. İqtisadiyyatda intellektual informasiya sistemlərinin tətbiqi, iqtisadi qərarların verilməsi, analiz və proqnozlaşdırma proseslərinin optimallaşdırılması üçün müasir texnologiyalardan istifadəni nəzərdə tutur. Bu sistemlər məlumatları toplamaq, emal etmək və təhlil etmək üçün süni intellekt, maşın öyrənməsi və digər yüksək texnologiyalarla işləyir. İntellektual informasiya sistemləri, iqtisadi sektorlarda müştəri davranışlarını izləmək, bazar tendensiyalarını proqnozlaşdırmaq, maliyyə risklərini qiymətləndirmək və səmərəli qərarlar qəbul etmək məqsədilə geniş tətbiq olunur.

Açar sözlər: rəqabət, resurs, risk, informasiya, bank

Giriş. Müasir dövrdə informasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı iqtisadiyyatın bütün sahələrinə təsir edir. Xüsusilə intellektual informasiya sistemləri (İİS) biznes və iqtisadi idarəetmə proseslərində mühüm rol oynayır. Bu sistemlər böyük həcmli məlumatları emal edərək qərar qəbul etmə prosesini avtomatlaşdırır, resurslardan daha səmərəli istifadəni təmin edir və rəqabət qabiliyyətini artırır. İİS süni intellekt, maşın öyrənməsi, böyük məlumatlar (Big Data) və ekspert sistemlərindən istifadə edərək müxtəlif iqtisadi prosesləri optimallaşdırır. Onların əsas xüsusiyyətlərinə aşağıdakılar daxildir:

Müasir dövrdə informasiya texnologiyalarının inkışafı ilə böyük həcmli məlumatların toplanması və istifadəsi artmışdır. Bu məlumatların səmərəli şəkildə analiz və emal edilməsi vacibdir. Məlumatların analiz və emalı, toplanmış məlumatları düzgün şəkildə təhlil edib, onlardan dəyərli bilik əldə etmə prosesi kimi təsvir edilir. Bu proses aşağıdakı əsas mərhələlərdən ibarətdir: Məlumatların toplanması – rəsmi statistika, sensorlar, sosial media və s. vasitəsilə toplanan məlumatlar. Məlumatların təmizlənməsi – dublikatların, xətalı və ya natamam məlumatların silinməsi. Məlumatların strukturlaşdırılması – verilənlərin kateqoriyalara ayrılması və formatlanması. Məlumatların analiz edilməsi – statistik və riyazi metodlardan istifadə etməklə məlumatların araşdırılması. Nəticələrin vizuallaşdırılması – qrafik, diaqram və cədvəllər vasitəsilə məlumatların aşılınması. Məlumatların analiz və emalı bu gün dünyanın ən vacib texnologiyalarından biridir. Düzgün analiz və emal metodlarından istifadə etməklə məlumatlar daha faydalı və səmərəli şəkildə istifadə edilə bilər. Gələcəkdə bu sahənin daha da inkışaf edəcəyi gözlənilir. [1.s.52]

Material və metodlar. Proqnozlaşdırma funksiyaları – maliyyə bazarları, istehlak tələbi və makroiqtisadi göstəricilər əsasında gələcək tendensiyaların müəyyən edilməsi. Proqnozlaşdırma (ing. forecasting) verilənlər əsasında gələcək hadisələri və ya trendləri təxmin etmək prosesidir. İqtisadiyyatda, biznesdə, meteorologiyada, səhiyyədə və digər sahələrdə geniş istifadə olunur. Effektiv proqnozlaşdırma düzgün qərarların qəbul olunmasına və risklərin azaldılmasına kömək edir. Proqnozlaşdırma statistik və süni intellekt əsaslı yanaşmalara bölünür: Statistik metodlar: Ənənəvi yanaşmalar olub, tarixi verilənlərə əsaslanır. Maşın öyrənməsi metodları: Süni intellekt və alqoritmlər vasitəsilə daha mürəkkəb və qeyri-xətti əlaqələri aşkar edir. Proqnozlaşdırma funksiyaları müxtəlif sahələrdə qərar qəbul etməyə kömək edən güclü vasitələrdir. Statistik və maşın öyrənməsi metodlarının birləşdirilməsi daha dəqiq və etibarlı proqnozlar əldə etməyə imkan verir.

Risklərin qiymətləndirilməsi – Biznes və investisiya mühitində potensial risklərin erkən aşkar edilməsi. Risklərin qiymətləndirilməsi, təərikələrin müəyyən edilərək onların potensial təsirini və ehtimallarını dəyərləndirmə prosesidir. Bu proses biznes, maliyyə, sənayə və digər sahələrdə işlənən mühüm bir tədirdir. Risklərin idarə olunmasında ilk addım qiymətləndirmədir ki, bu da mövcud riskləri anlayaraq onlara qarşı strategiyalar hazırlamağı təmin edir. Risklərin qiymətləndirilməsi effektiv idarəetmənin vacib hissəsidir. Düzgün qiymətləndirmə metodlarını istifadə edərək bizneslər və təşkilatlar potensial təhlükələri vaxtında aşkarlaya və onları effektiv idarə edə bilərlər. Bu, uzunmüddətli dayanıqlılıq və məqsədlərinə çatmaq üçün vacib bir addımdır.

Avtomatlaşdırılmış idarəetmə – müəssisələrin istehsal, satış və logistika proseslərinin optimallaşdırılması. Avtomatlaşdırılmış idarəetmə (AI) müasir texnologiyaların inkışafı ilə birlikdə sənaye, tibb, nəqliyyat və digər sahələrdə geniş tətbiq edilən bir sistemdir. Bu sistemlər insan müdaxiləsini minimuma endirərək daha sürətli, dəqiq və effektiv idarəetməni təmin edir. Avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri texnologiyanın inkışafı ilə daha da təkmilləşməkdədir və gələcəkdə daha geniş sahələrdə tətbiq olunacağı gözlənilir. Bu sistemlər iş proseslərinin səmərəliliyini artıraraq insanların həyat keyfiyyətini yüksəltməyə kömək edir. [2.s.78]

İqtisadiyyatda intellektual informasiya sistemlərinin tətbiqi sürətlə genişlənir və bu proses innovativ texnologiyalarla daim yenilənir. Gələcəkdə bu sistemlərin daha da

təkmilləşməsi, iqtisadi qərarların daha dəqiq və effektiv şəkildə həyata keçirilməsinə imkan yaradacaq. Lakin, bu prosesin uğurla davam etməsi üçün texnoloji inkişafı ilə yanaşı, normativ baza və təhlükəsizlik tədbirləri də uyğun şəkildə inkişaf etdirilməlidir. Müasir iqtisadiyyatda intellektual informasiya sistemlərinin (IIS) rolu getdikcə artmaqdadır. Bu sistemlər biznesin idarə olunması, iqtisadi proqnozların verilməsi və strateji planlaşdırma kimi sahələrdə effektivliyin artmasına kömək edir. Şirkətlər, maliyyə qurumları və hökumət təşkilatları IIS-dən istifadə edərək məlumatı daha dəqiq analiz edir və strateji qərarları daha effektiv şəkildə qəbul edirlər. IIS sünn\u00fi intellekt, dərinlən öyrənmə, məlumat mədaxili və analitik alətlərdən istifadə edən sistemlərdir. Onlar aşağıdakı əsas funksiyaları yerinə yetirirlər:

Müasir dünyada məlumat analizi və proqnozlaşdırma müxtəlif sahələrdə uğurlu qərarların qəbul edilməsində mühüm rol oynayır. Böyük həcmli məlumatlar (Big Data) üzərində analizlər aparmaq biznes, səhiyyə, maliyyə, təhsil və digər sahələrdə effektiv strategiyaların hazırlanmasına kömək edir. Məlumat analizi toplanmış məlumatların strukturlaşdırılması, işlənməsi və təhlil edilməsi prosesidir. Bu prosesin əsas məqsədi faydalı nümunələri və tendensiyaları aşkar edərək, əsaslandırılmış qərarlar qəbul etməyə kömək etməkdir. Proqnozlaşdırma gələcək hadisələri təxmin etmək üçün statistik və maşın öyrənmə metodlarından istifadə edən bir yanaşmadır. Bu yanaşma biznes strategiyalarının qurulmasında, bazar tendensiyalarının müəyyən edilməsində və risklərin idarə olunmasında geniş tətbiq edilir. Məlumat analizi və proqnozlaşdırma texnologiyalarının inkişafı müxtəlif sahələrdə effektivlik və innovasiyaya təkan verir. Bu sahədəki yeniliklər insan fəaliyyətinin keyfiyyətini artıraraq daha düzgün və əsaslandırılmış qərarlar qəbul etməyə imkan yaradır.

Rəqabət qabiliyyətini qorumaq və əməliyyat effektivliyini artırmaq üçün bizneslər avtomatlaşdırmaya getdikcə daha çox önəm verirlər. Biznes proseslərinin avtomatlaşdırılması iş proseslərinin insan müdaxiləsi olmadan və ya minimum səviyyədə müdaxilə ilə yerinə yetirilməsini təmin edir. Bu yanaşma həm resurslardan səmərəli istifadəni təmin edir, həm də səhvləri minimuma endirir. Biznes proseslərinin avtomatlaşdırılması müasir şirkətlərin səmərəliliyini artıran və rəqabət üstünlüyü qazandıran mühüm bir yanaşmadır. Doğru strategiya və texnologiya seçimi ilə bizneslər daha effektiv, sürətli və qənaətcil fəaliyyət göstərə bilər. Avtomatlaşdırma gələcəkdə daha da inkişaf edərək müəssisələrin uğurunu təmin edən əsas amillərdən biri olacaq. [3.s.98]

Qərar qəbul etmə prosesi hər hansı bir təşkilatın və ya fərdin effektiv fəaliyyətinin əsasıdır. Bu prosesin təkmilləşdirilməsi, daha yaxşı nəticələr əldə etmək və resursları daha səmərəli istifadə etmək məqsədini güdür. Qərar qəbul etmə prosesi çox zaman bir neçə mərhələdən ibarət olur: məlumat toplama, alternativlərin qiymətləndirilməsi, qərarın qəbul edilməsi və tətbiq edilməsi. Bu mərhələlərdə daha düzgün və şəffaf yanaşmalar istifadə edildikdə, nəticələr daha müsbət olur. Qərar qəbul etmə prosesinin təkmilləşdirilməsi üçün ən vacib mərhələ məlumatların düzgün və əhatəli şəkildə toplanmasıdır. Məlumatın keyfiyyəti və dəqiqliyi qərarın doğruluğunu birbaşa təsir edir. Bu məqsədlə müasir texnologiyalar və analitik alətlərdən istifadə edilə bilər. Böyük verilənlər bazası və süni intellekt kimi vasitələr məlumatları daha effektiv şəkildə emal etməyə kömək edir. Qərar qəbul etmə prosesində müxtəlif alternativlərin nəzərdən keçirilməsi vacibdir. Alternativləri qiymətləndirmək üçün müxtəlif analitik metodlardan

istifadə etmək mümkündür. Misal üçün, SWOT analizi (güclü tərəflər, zəif tərəflər, imkanlar və təhdidlər) və ya PEST analizi (politik, iqtisadi, sosial və texnoloji amillərin qiymətləndirilməsi) daha yaxşı nəticələrə gətirib çıxara bilər. Hər qərar müəyyən risklər və təhdidlər daşıyır. Risklərin düzgün şəkildə idarə edilməsi, qərar qəbul etmə prosesini təkmilləşdirmək üçün vacibdir. Risk analizi metodu ilə qərarın riskləri öncədən müəyyən edilə bilər. Bu riskləri minimallaşdırmaq üçün müxtəlif strategiyalar inkişaf etdirilə bilər, məsələn, ehtiyat planların yaradılması və ya risklərin paylanması. Qərar qəbul etmə prosesi təkcə rəhbərliyin və ya bir neçə şəxsin səlahiyyətində olmamalıdır. Hər bir iştirakçının öz fikrini bildirməsi və əməkdaşlıq etməsi vacibdir. Bu məqsədlə təşkilatda yaxşı kommunikasiya kanallarının qurulması və əməkdaşlıq mühitinin yaradılması qərar qəbul etmə prosesini daha sağlam və əhatəli edir. Son dövrlərdə qərar qəbul etmə prosesini təkmilləşdirmək üçün texnologiyaların tətbiqi mühüm rol oynayır. Süni intellekt, maşın öyrənməsi və analitik alətlər qərarların daha sürətli və doğru qəbul edilməsini təmin edir. Məsələn, biznes analitikası vasitəsilə böyük verilənlərdən faydalı məlumatlar əldə edilə bilər və bu, rəhbərliyin düzgün qərar verməsinə kömək edir. Təkmilləşdirilmiş qərar qəbul etmə prosesi yalnız qərarın qəbul edilməsindən ibarət olmamalıdır. Qərarın tətbiqindən sonra nəticələrin izlənməsi və qiymətləndirilməsi də vacibdir. Bu, gələcək qərarların daha düzgün olmasına və təkmilləşdirilməsinə kömək edir. Geri bildirim və dəyərləndirmə prosesləri qərarın effektivliyini ölçmək və lazım gəldikdə düzəlişlər etmək üçün istifadə olunur. Qərar qəbul etmə prosesində insanların psixologiyası, təcrübəsi və motivasiyası da böyük rol oynayır. İnsanların qərar qəbul etmə prosesinə təsir edən faktorları anlamaq və bu faktorları nəzərə almaq, daha məqsədəuyğun və effektiv qərarlar verilməsinə kömək edə bilər. Bunun üçün davranış iqtisadiyyatı və psixoloji analizlər istifadə edilə bilər. Qərar qəbul etmə prosesinin təkmilləşdirilməsi təşkilatların və fərdlərin daha məhsuldar və uğurlu olmasına kömək edir. Məlumatların düzgün toplanması, alternativlərin qiymətləndirilməsi, risklərin idarə edilməsi, kommunikasiya və texnologiyaların tətbiqi kimi üsullar bu prosesi daha effektiv edir. Bununla yanaşı, insan amillərini və qərarların qiymətləndirilməsini nəzərə alaraq qərar qəbul etmə prosesi davamlı olaraq inkişaf etdirilməlidir.

İnternet İqtisadiyyatı (Digital Economy) müasir dövrün ən sürətlə inkişaf edən sahələrindən biridir və iqtisadiyyatın rəqəmsal texnologiyalar vasitəsilə inkişafını əks etdirir. Bu sahə, internet və digər rəqəmsal texnologiyaların iqtisadi fəaliyyətə təsirini və bu texnologiyaların bazarları necə dəyişdirdiyini araşdırır. İnternet iqtisadiyyatı, ən çox ticarət, xidmətlər, məlumatlar və mal mübadiləsi ilə bağlı olaraq müxtəlif növ iqtisadi fəaliyyətləri əhatə edir. Bu iqtisadiyyatın əsas elementləri arasında elektron ticarət (e-commerce), rəqəmsal ödəniş sistemləri, rəqəmsal xidmətlər, bulud texnologiyaları və məlumatların analizi (big data) yer alır. Bu faktorlara bağlı olaraq, müəssisələr və fərdi şəxslər daha effektiv və sürətli şəkildə əməkdaşlıq edir, məhsul və xidmətləri geniş bazarlara təqdim edir. İnternet İqtisadiyyatının başlıca xüsusiyyətləri bunlardır: Ən geniş yayılmış elementlərdən biri olan elektron ticarət, internet üzərindən məhsul və xidmətlərin satışı və alışı ilə bağlı fəaliyyətləri əhatə edir. Burada ən böyük inkişafı Amazon, eBay, Alibaba kimi global şirkətlər nümayiş etdirib. İnternetin inkişafı ilə yanaşı, xidmət sahəsində də böyük dəyişikliklər baş vermişdir. Məsələn, online bankçılıq, rəqəmsal müştəri xidməti, e-learning platformaları (online təhsil), və s. Bulud əsaslı

xidmətlər şirkətlərə məlumatları və tətbiqləri internet üzərindən saxlamağa və istifadə etməyə imkan verir. Bu texnologiya xərcləri azaltmaq, əksər sistemlərin daha sürətli və təhlükəsiz işləməsini təmin edir. Böyük Məlumatlar (Big Data) məlumatların toplanması, saxlanması, işlənməsi və təhlili ilə bağlıdır. İnternetin verdiyi məlumatlar, şirkətlərə və dövlətlərə daha yaxşı qərarlar qəbul etməyə kömək edir. Sosial media platformaları iqtisadiyyatın ayrılmaz hissəsinə çevrilmişdir. Facebook, Instagram, TikTok kimi platformalar reklam və satış üçün güclü alətlərə çevrilmişdir. İnternet iqtisadiyyatı yeni iş modellərinin inkişafına səbəb olub. Məsələn, onlayn bazar yerləri (Uber, Airbnb) və müxtəlif mikro-iş imkanları sayəsində daha çox insan sərbəst işləmə fərsəti əldə edir. Şəxsi məlumatların qorunması, xüsusilə internet üzərindən həyata keçirilən əməliyyatlarda, böyük əhəmiyyət kəsb edir. İqtisadiyyatda bəzən internet üzərindən düzgün və düzgün olmayan məlumatların olması, istehlakçıların yanlış qərarlar qəbul etməsinə səbəb ola bilər. Texnoloji inkişaf bəzi sahələrdə iş yerlərinin azalmağına səbəb ola bilər, eyni zamanda yeni iş sahələrinin yaranmasına da gətirib çıxarır. İnternet İqtisadiyyatı dünya iqtisadiyyatını yenidən formalaşdırır və iqtisadiyyatın global miqyasda inkişaf etməsinə səbəb olur. Bu sahə daha çox fərdi istehlakçıları, müəssisələri və dövlətləri birləşdirən rəqəmsal platformalar üzərində dayanır. Bununla yanaşı, bu iqtisadiyyatın inkişafı ilə bağlı yeni tənzimləmələr və qaydaların yaradılması da vacibdir.

Bank sahəsində informasiya sistemləri, müasir bankçılıq fəaliyyətlərinin düzgün işləməsi üçün kritik əhəmiyyət daşıyan texnoloji infrastrukturlardır. Bu sistemlər bankların maliyyə əməliyyatlarını idarə etməsinə, müştəri xidmətlərini inkişaf etdirməsinə, məlumatların təhlükəsizliyini təmin etməsinə və ümumilikdə bank sektorunun rəqəbat qabiliyyətini artırmasına kömək edir. Aşağıda bank sahəsində istifadə olunan əsas informasiya sistemləri və onların funksiyaları barədə bəzi məlumatlara aid edilir: Bu sistemlər müştəri məlumatlarının toplanması, saxlanması və analizini təmin edir. CRM sistemləri müştərilərlə əlaqələrin idarə olunmasına, xidmət keyfiyyətinin artırılmasına və müştəri məmnuniyyətinin təmin olunmasına yönəldilmişdir. Bu sistemlər banklara müştəri davranışlarını izləməyə və onlara fərdi təkliflər təqdim etməyə imkan verir. Əməliyyat idarəetmə sistemləri bank əməliyyatlarının hərtərəfli idarə edilməsinə imkan verən sistemlərdir. Bu sistemlər bankın gündəlik fəaliyyətlərini avtomatlaşdırır, o cümlədən ödənişlər, pul köçürmələri, nağd vəsait əməliyyatları kimi müxtəlif maliyyə xidmətlərini təmin edir. Əməliyyat idarəetmə sistemləri həmçinin mühasibatlıq, hesabatlılıq və vergi əməliyyatlarını da idarə edir. Elektron ödəniş sistemləri bankların müştərilərinə internet və mobil bankçılıq vasitəsilə ödəniş etməyə imkan verir. Elektron ödəniş sistemləri, müştərilərin gündəlik maliyyə əməliyyatlarını daha sürətli və asan şəkildə həyata keçirmələrini təmin edir. Bu sistemlər həmçinin, bankların beynəlxalq ödənişləri və sığorta ödənişlərini də rahatlıqla idarə etmələrini təmin edir. Təhlükəsizlik və şifrələmə sistemləri bankların məlumatların təhlükəsizliyini təmin etmək üçün istifadə etdiyi informasiya sistemləridir. Bu sistemlər müştəri məlumatlarını və əməliyyatları qoruyur, haker hücumlarına qarşı müdafiə təmin edir. Şifrələmə və identifikasiya metodları bank əməliyyatlarının təhlükəsizliyini artırır və müştəri etibarını qoruyur. Məlumat bazaları bankların müxtəlif növ məlumatları saxladığı əsas infrastrukturudur. Müştəri məlumatları, əməliyyat məlumatları, maliyyə hesabatları və digər müvafiq məlumatlar bu sistemlərdə saxlanılır. Bank məlumat bazaları həmçinin, məlumatların

sürətli işlənməsi və analizini təmin edir. Risk idarəetmə və analiz sistemləri bankların maliyyə risklərini izləməyə və idarə etməyə imkan verir. Risk idarəetmə sistemləri kredit risklərini, bazar risklərini və əməliyyat risklərini analiz edir, müvafiq tədbirlərin alınmasına kömək edir. Həmçinin, bu sistemlər banklara potensial fırldaqçılıq hallarını aşkarlamağa və onlara qarşı tədbirlər görməyə imkan verir. Banklar müxtəlif hökumət tələblərinə uyğun olaraq hesabat verməli və tənzimləmə qaydalarına riayət etməlidirlər. Hesabatlıq sistemləri bankın maliyyə məlumatlarını düzgün və vaxtında təqdim etməyə kömək edir. Bu sistemlər həmçinin beynəlxalq maliyyə standartlarına (IFRS) və yerli tənzimləmə tələblərinə uyğun olaraq hesabatlar təqdim edir. Bank sahəsində informasiya sistemləri yalnız maliyyə əməliyyatlarını asanlaşdırmaqla yanaşı, bankların müştəri məmnuniyyətini artırmasına, təhlükəsizliyi təmin etməsinə və ümumi fəaliyyətlərinin daha effektiv olmasına kömək edir. Bu sistemlər həmçinin, bankların rəqabət qabiliyyətini artırır və müasir bankçılığın inkişafına mühüm təsir göstərir.

Əldə olunan nəticələr. İntellektual İnformasiya Sistemləri (İİS) insanların qərar qəbul etmə, analitik düşünmə və məlumatları effektiv şəkildə emal etmə qabiliyyətlərini gücləndirən, müasir texnologiyalarla zənginləşdirilmiş informasiya sistemləridir. Bu sistemlər müxtəlif məlumatları toplayaraq onların üzərində ağıllı analizlər aparır, müxtəlif proqnozlar verir və istifadəçiyə məlumatın ən doğru formasını təqdim edir. İİS, həmçinin texnologiya və insan intellektini birləşdirərək daha yüksək səviyyədə məlumat emalı və qərar dəstəyi təklif edir. Bu sistemlər, statistik analizlər, maşın öyrənməsi, süni intellekt və digər müasir texnologiyalarla gücləndirilir. İS, istifadəçilərə qeyri-müəyyənliklərlə dolu mühitlərdə düzgün qərarlar vermək üçün lazımi analitik alətlər təqdim edir. Bu sistemlər həmçinin yeni məlumatları təhlil edərək dəyərlər yaratmağa kömək edir. Ənənəvi informasiya sistemləri, adətən müvafiq məlumatları təqdim edir, amma dərin analiz və müstəqil qərar qəbul etmə bacarığına malik deyil. İntellektual İnformasiya Sistemlərinin inkişafı süni intellektin inkişafı ilə sıx əlaqəlidir. Gələcəkdə bu sistemlər daha da ağıllılaşacaq, insanlar üçün daha mürəkkəb qərar dəstəyi təqdim edəcək və daha çox sektorda tətbiq olunacaqdır. İntellektual İnformasiya Sistemləri, ənənəvi informasiya sistemlərindən fərqli olaraq, müasir texnologiyalarla gücləndirilmiş, məlumatın analizini aparan və qərar qəbul etmə proseslərini daha effektiv hala gətirən yüksək səviyyəli informasiya emalı vasitələridir. Bu sistemlərin tətbiqi, təşkilatların daha doğru qərarlar verməsinə və mühitə uyğun daha sürətli reaksiya vermələrinə imkan verir. [4.s.46]

Ədəbiyyat siyahısı

1. Əliyev R.Ə., Əliyev R.R.(2003). "Soft kompüterinq" (nəzəriyyə, texnologiya və praktika) Çarşıoğlu, Bakı, 178 s.
2. Əliyev T.Q. (2008). İnformasiyanın iqtisadiyyatı. Bakı, 220 s..
- 3.Kərimov S.Q.(2010).İdarəetmənin informasiya texnologiyaları və korporativ informasiya sistemləri". Bakı 186 s.
4. Kərimov S.Q.(2011). İnformasiya sistemləri. Bakı, Dərs vəsaiti, 210 s.

Abstract. Intellectual information systems in the economy are large amounts of information are systems that use artificial intelligence and machine learning technologies in processing, analysis and decision-making. These systems are used to optimize business operations, predict market trends, and use resources more efficiently. It is widely used in

the fields of economic modeling, automated business processes and risk management. These technologies help make economic decisions more accurate and effective by performing data analysis in real time. The governance structure of an organization's information systems is critical to ensuring the effective use of technologies and the achievement of the organization's long-term goals. Proper implementation and development of this structure allows the organization to respond to challenges and take advantage of new opportunities. The study of artificial intelligence (AI) systems and their role in the economy has gained great importance in recent years. This field is not only related to technology and scientific development, but also causes extensive changes in the economy. The research and application of artificial intelligence has important implications in both scientific and practical aspects. The research and application of artificial intelligence is causing many changes in the economy. This not only increases the efficiency of production and services, but also leads to great innovations in the labor market, education system and other areas. The development of artificial intelligence can also lead to broader and more sustainable growth in the economy. The application of intelligent information systems in the economy helps to increase the efficiency of economic processes in the modern era and ensure the correct use of resources. These systems provide powerful tools for collecting, processing, analyzing economic data and making sound decisions. The application of intelligent information systems in the economy provides organizations and governments with invaluable tools to make more informed and effective decisions, as well as to accelerate economic development.

Key words: competition, resource, risk, information, banking

Краткое содержание. Интеллектуальные информационные системы в экономике представляют собой большие объемы информации. Это системы, которые используют технологии искусственного интеллекта и машинного обучения для обработки, анализа и принятия решений. Эти системы используются для оптимизации бизнес-операций, прогнозирования рыночных тенденций и более эффективного использования ресурсов. Он широко используется в области экономического моделирования, автоматизации бизнес-процессов и управления рисками. Эти технологии помогают принимать экономические решения более точными и эффективными, выполняя анализ данных в режиме реального времени. Структура управления информационными системами организации имеет решающее значение для обеспечения эффективного использования технологий и достижения долгосрочных целей организации. Правильная реализация и развитие этой структуры позволяет организации реагировать на вызовы и использовать новые возможности. Исследование систем искусственного интеллекта (ИИ) и их роли в экономике приобрело большое значение в последние годы. Эта область не только связана с технологиями и научными разработками, но и вызывает обширные изменения в экономике. Исследования и применение искусственного интеллекта имеют важные последствия как в научном, так и в практическом аспектах. Исследования и применение искусственного интеллекта вызывают множество изменений в экономике. Это не только повышает эффективность производства и услуг, но и приводит к большим инновациям на рынке труда, системе образования и других сферах. Развитие искусственного интеллекта также может привести к более

широкому и устойчивому росту экономики. Применение интеллектуальных информационных систем в экономике помогает повысить эффективность экономических процессов в современную эпоху и обеспечить правильное использование ресурсов. Эти системы предоставляют мощные инструменты для сбора, обработки, анализа экономических данных и принятия обоснованных решений. Применение интеллектуальных информационных систем в экономике предоставляет организациям и правительствам бесценные инструменты для принятия более обоснованных и эффективных решений, а также для ускорения экономического развития.

Ключевые слова: конкуренция, ресурс, риск, информация, банковское дело

TƏBİİ DİL EMALİ (NLP) ƏSASLI KİBERTƏHLÜKƏSİZLİK HÜCUMLARININ MAŞIN ÖYRƏNMƏSİ ALQORİTMLƏRİ İLƏ TƏHLİLİ

THE ANALYSIS OF NATURAL LANGUAGE PROCESSING (NLP)-BASED CYBERSECURITY ATTACKS BY MACHINE LEARNING ALGORITHMS

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537687>

Betül ŞEN¹

betulsen@ogr.duzce.edu.tr

ORCID ID: 0009-0008-8179-8291

Düzce University

Tuba KARAGÜL YILDIZ¹

tubakaragul@duzce.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-9382-2606

Düzce University

XÜLASƏ

Dünya genelinde internet ve bilgisayar kullanımının hızla artması, buna paralel olarak siber güvenlik tehditlerinin de orantılı bir şekilde yükselmesine neden olmuştur. Bu tehditler, çok çeşitli kategoriler altında incelenmesi ve değerlendirilmesi gereken unsurlardır. Her biri farklı düzeyde risk ve etki potansiyeli taşımaktadır. Özellikle kötü amaçlı yazılımlar, dağıtık hizmet reddi (DDOS) saldırıları, fidye yazılımları gibi güvenlik tehditleri, hem bireyler hem de kurumlar üzerinde ciddi ekonomik ve operasyonel zararlara yol açabilmektedir. Çalışmamızda, bireysel ve kurumsal kullanıcıların karşılaştığı yüksek etkili siber tehditlerin belirlenmesini ve analiz edilmesini hedeflemektedir. Temel yaklaşımımız güncel ve Doğal Dil İşleme (NLP) tabanlı bir veri setini, çeşitli makine öğrenmesi teknikleri kullanarak analiz ederek siber tehditleri anlamlandırmaktır. Metodoloji kapsamında, verilerin açıklanabilir bir model aracılığıyla işlenerek sadece verilerin analizi ile kalmayıp, aynı zamanda modelin karar süreçlerinin kullanıcılara anlamlı bir şekilde sunulması amaçlanmaktadır. Bu yaklaşım, modelin içsel işleyişini şeffaf hale getirerek elde edilen sonuçların güvenilirliğini ve anlaşılabilirliğini artırmayı hedeflemektedir. Bu çalışmada K-Means kümeleme algoritması kullanarak risk seviyeleri analiz edilmiştir. Sonraki aşamada İzolasyon Ormanı yöntemi ile potansiyel anomaliler tespit edilmiştir. Son olarak küme merkezlerinin ve anomali olarak işaretlenen noktaların özellik değerleri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan yöntemler ile siber güvenlik tehditlerinin analizinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka, Makine Öğrenmesi, Siber Güvenlik, Siber Saldırıları, Doğal Dil İşleme(NLP)

GİRİŞ (Introduction)

Siber tehditler, bireysel ve kurumsal kullanıcıların kişisel ve hassas verilerinin çalınması, dolandırılması ve bu yolla ciddi maddi ve manevi zararlara yol açmasıyla sonuçlanan önemli bir suç türüdür. Bu tehditler, dijital ortamda gerçekleştirilen saldırılar aracılığıyla, hedeflenen kullanıcıların ekonomik, operasyonel ve itibar açısından büyük kayıplar yaşamasına neden olmaktadır. Bu tür saldırıların ne olduğunun bilinmesi ve bu konuda bilinçli olunması büyük bir önem taşımaktadır. Aynı zamanda, siber tehditlerin hangi kategorilerde daha sık karşımıza çıktığının anlaşılması, bu tehditlere karşı alınacak önlemler açısından kritik bir adımdır. Siber tehditlerin doğası ve bunların nasıl önlenebileceği üzerine yapılmış çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Son yıllarda, bu tehditleri daha etkin biçimde tanımlamak, sınıflandırmak ve önlemek amacıyla çeşitli makine öğrenmesi ve yapay zeka tekniklerinin kullanımı dikkat çekici biçimde artmıştır. Bu bağlamda yapılan literatür taramaları, siber tehditlerin tespiti, analizi ve yorumlanabilirliğini artırmaya yönelik bu yenilikçi yaklaşımların etkili çözümler sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu bölümde ilgili alanlarda yapılmış güncel çalışmalara yer verilmiştir.

Dahal ve diğerleri çalışmalarında sıfırıncı gün (zero-day) saldırılarının tespiti amacıyla makine öğrenmesi (ML) ve derin öğrenme yaklaşımlarının kullanıldığı bir çalışmada, elde edilen modeller açıklanabilir yapay zeka (XAI) yöntemleriyle analiz edilmiştir. Bu kapsamda, literatürde sıklıkla tercih edilen KDD99 hazır veri seti kullanılarak çok katmanlı algılayıcı (multi-layer perceptron, MLP) modeli ile bir değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, optimize edilmiş makine öğrenmesi (ML) modelinin %99,62 doğruluk oranı ile birlikte en yüksek kesinlik (precision) ve duyarlılık (recall) değerlerine ulaştığı rapor edilmiştir. Ayrıca, model çıktılarının yorumlanabilirliğini artırmak amacıyla açıklanabilir yapay zeka algoritmalarından SHAP (SHapley Additive exPlanations) yöntemi kullanılmış ve modeller bu yöntemle eğitilmiştir (Dahal ve diğerleri, 2025). Yaseen ve Rashid çalışmalarında Kalp hastalıklarının sınıflandırılmasında daha şeffaf ve güvenilir karar destek sistemleri geliştirmek amacıyla açıklanabilir yapay zeka (XAI) modelleri üzerine yapılan bir çalışmada, çeşitli makine öğrenmesi algoritmalarının performansları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda,

SVM (Support Vector Machine), GB (Gradient Boosting), XGBoost (Extreme Gradient Boosting), MLP (Multi-Layer Perceptron) ve LightGBM gibi farklı sınıflandırıcılar kullanılmıştır. XAI tekniklerinden SHAP (SHapley Additive exPlanations) ve LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations) yöntemleri uygulanmıştır. Çalışma bulguları, XGBoost modelinin diğer modellere kıyasla üstün bir performans sergilediğini ve %92 doğruluk oranı ile birlikte 0.93 AUC-ROC skoru elde ettiğini ortaya koymuştur (Yaseen ve Rashid, 2025, s.809). Raghupathy ve diğerleri çalışmalarında Alzheimer hastalığının erken ve doğru tanısında geleneksel yöntemlerin yetersiz kalması, tanı sürecini güçleştirmektedir. Bu probleme yönelik gerçekleştirilen bir çalışmada, XGBoost, LightGBM ve Gradient Boosting gibi boosting tabanlı ensemble makine öğrenimi algoritmaları kullanılmıştır. Özellik seçimi için SHAP (Shapley Additive Explanations) yöntemi uygulanmış ve model, minimum sayıda özellikle %94'ün üzerinde doğruluk oranı elde etmiştir (Raghupathy ve diğerleri, 2025, s.20743-20747).Görüldüğü gibi literatürde çeşitli kapsamlarda makine öğrenmesi yöntemleri başarılı sonuçlar vermiştir. Çalışmamızda ise, şeffaf ve kullanıcılar tarafından yorumlanabilir bir yaklaşım benimsenerek, siber saldırı türlerinin tespit ve analiz edilmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda güncel ve NLP tabanlı siber saldırı veri seti üzerinde K-Means kümeleme algoritması ve İzolasyon Ormanı gibi güncel makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmıştır.

MATERİAL VƏ METODLAR (Methods)

Çalışmamızda kullanacağımız veri setimiz Kaggle platformundan temin edilmiştir. Veri setinin güncel verilerden oluşması tercih edilmiştir. Veriler üzerinde yapılan çeşitli ön işlemlerin ardından analiz süreci gerçekleştirilmiştir. Siber saldırı verilerinin çeşitli makine öğrenmesi ve yapay zeka algoritmalarıyla analiz edilmesi siber tehditlerin anlamlandırılması ve yorumlanabilirliği açısından önemlidir. Analiz neticesinde elde edilen veriler, siber tehdit saldırılarının kapsamlı bir değerlendirmesini sunmaktadır.

1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan “Cybersecurity_Dataset.csv” adlı veri seti, açık erişimli bir veri paylaşım platformu olan Kaggle üzerinden temin edilmiştir (Kaggle, 2025). Kaggle, çok sayıda veri setinin yer aldığı ve araştırmacılar tarafından sıklıkla tercih edilen güvenilir bir platformdur. Veri setinin orijinal kaynağına ve açıklayıcı bilgilerine Kaggle üzerinden ulaşılabilir. Kullandığımız veri setimiz hem yapısal (sayısal) hem de metinsel (NLP tabanlı) özellikleri bir arada

sunmaktadır. Veri setimiz her biri 15 nitelik ile tanımlanmış toplam 1100 örnekten oluşmaktadır. Bu örnekler, dört farklı tehdit kategorisine (Phishing, Malware, Ransomware, DDoS) ait olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Veri seti, siber tehditlerin analiz edilmesi ve tahmin edilmesine yönelik olarak yapılandırılmıştır. Veri setinde yer alan sütunlar ile bu sütunların özellikleri Tablo 1’de sunulmuştur.

Öznitelikler	Özellikler
Threat Category	Metinsel
IOCs (Indicators of Compromise)	Metinsel
Threat Actor	Metinsel
Attack Vector	Metinsel
Geographical Location	Metinsel
Sentiment in Forums	Float
Severity Score	Integer
Predicted Threat Category	Metinsel
Suggested Defense Mechanism	Metinsel
Risk Level Prediction	Integer
Cleaned Threat Description	Metinsel
Keyword Extraction	Metinsel
Named Entities (NER)	Metinsel
Topic Modeling Labels	Metinsel
Word Count	Integer

Tablo1

Veri seti içerisinde yer alan 1100 adet siber güvenlik olayının, dört temel tehdit türü altında sınıflandırıldığı görülmektedir. **Phishing (oltalama)** saldırıları, 296 örnek ile veri setindeki en yaygın tehdit türü olarak öne çıkmaktadır. Bunu sırasıyla **Malware (zararlı yazılım)** ile 294, **Ransomware (fidye yazılımı)** ile 256 ve **DDoS (Dağıtık Hizmet Engelleme)** saldırıları ile 254 örnek takip etmektedir (Tablo2).

Tehdit Kategorisi	Örnek Sayısı
Phishing	296
Malware	294
Ransomare	256

DDoS	254

Tablo2

Bu dağılım, veri setinin dengeli bir sınıf yapısına sahip olduğunu göstermektedir. Bu sayede sınıf dengesizliğine dayalı modelleme problemlerinin minimal düzeyde olduğu gösterilmektedir. Ancak, tehdit türlerinin sayıca yakın olmasına rağmen içeriksel farklılıkları, kümeleme algoritmaları açısından hâlâ önemli bir ayırt edici faktör olarak değerlendirilmektedir.

2. Metodlar

2.1 Veri Ön İşleme

Bu çalışmada kullanılan siber güvenlik veri seti, metin tabanlı olduğu için öncelikle ön işleme tabi tutulmuştur. Bu işlemler **Google Colab** ortamında, **Python** programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Veri setindeki eksik değerler kontrol edilmiş ve analiz için temel olarak kullanılacak sütunlarda (Risk Level Prediction, Severity Score, Sentiment in Forums, Word Count) eksik değer içeren satırlar veri setinden çıkarılmıştır. Ardından, kümeleme ve anomali tespiti algoritmalarının performansını artırmak amacıyla 'Severity Score', 'Sentiment in Forums' ve 'Word Count' gibi sayısal sütunlar StandardScaler kullanılarak ölçeklendirilmiştir. Bu adımlar, verinin analiz için uygun hale getirilmesini sağlamıştır.

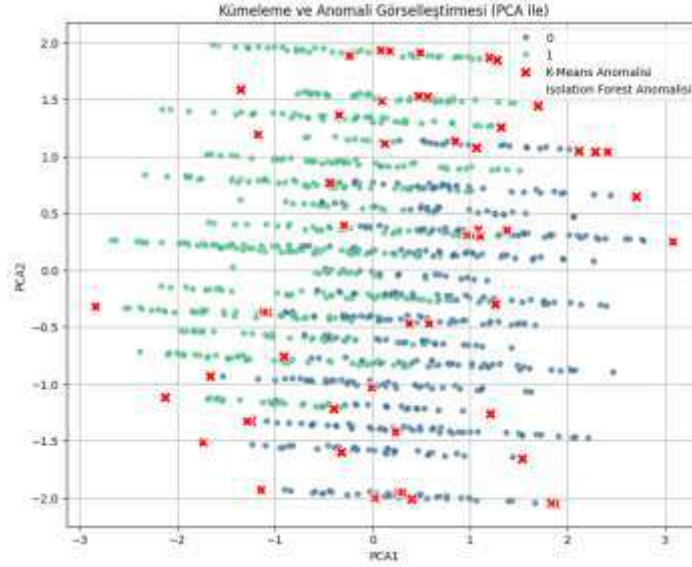
2.2 Analiz Modelleri

Siber güvenlik tehdit verilerinin içsel yapısını ve doğal gruplarını ortaya çıkarmak amacıyla, gözetimsiz öğrenme yöntemlerinden olan K-Means kümeleme algoritması kullanılmıştır. Anomali tespiti aşamasında ise, Öklid mesafesi esasına dayanan bir yöntem uygulanmıştır. Çalışmamızda, tipik veri noktalarının küme merkezlerine daha yakın olduğu varsayımına dayanarak, belirli bir eşik değer üzerindeki uzaklıklara sahip örneklerin potansiyel anomali olarak tespit edilmesi amaçlanmıştır. Veri setimizin daha karmaşık ve seyrek anomali örüntülerini yakalayabilmek için de topluluk tabanlı bir anomali tespit algoritması olan İzolasyon Ormanı (Isolation Forest) yöntemi kullanılmıştır. Bu algoritmayı kullanarak veri noktalarımızı rastgele seçilmiş öznitelikler üzerinden bölerek, anomalileri daha kolay yakalayabilmeyi amaçlamaktayız. Elde ettiğimiz kümeleme ve anomali tespiti sonuçlarının yorumlanması amacıyla, , boyut indirgeme tekniği olan Temel Bileşenler Analizi (PCA) teknikleri kullanılmıştır. Bu teknikler, modelin karar alma süreçlerinin kullanıcılar tarafından anlaşılabilir hale getirilmesini de sağlamaktadır. Tehdit kategorilerinin daha yönetilebilir yapılar halinde yeniden düzenlenmesi için ise, veri

setindeki risk seviyesi (Risk Level Prediction) ve ciddiye skor (Severity Score) özniteliklerine dayalı anlaşılabilir, sezgisel bir grupta stratejisi benimsenmiştir. Bu çalışmada kullanılan algoritmalar ve yaklaşımlar, siber güvenlik tehdit verilerinin analizi literatüründe kabul görmüş ve farklı analiz hedeflerine ulaşmada etkili olduğu kanıtlanmış yöntemlerdir.

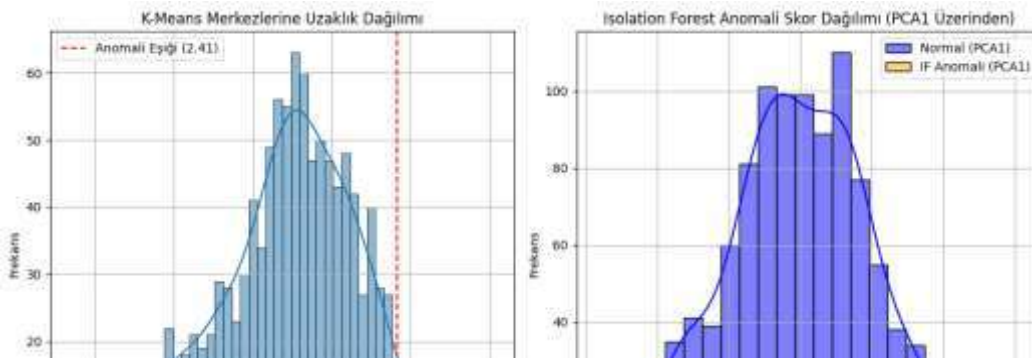
ÖLDÖ OLUNAN NÖTİCÖLÖR (Results)

Bu çalışma, siber güvenlik tehdit verilerinin analizi neticesinde kayda değör olgular sunmaktadır. Veri setinin doğal gruplarının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen kümeleme analizi, tehdit kategorileri arasındaki ilişkileri ve potansiyel alt yapıları ortaya koymuştur (Şekil 1).



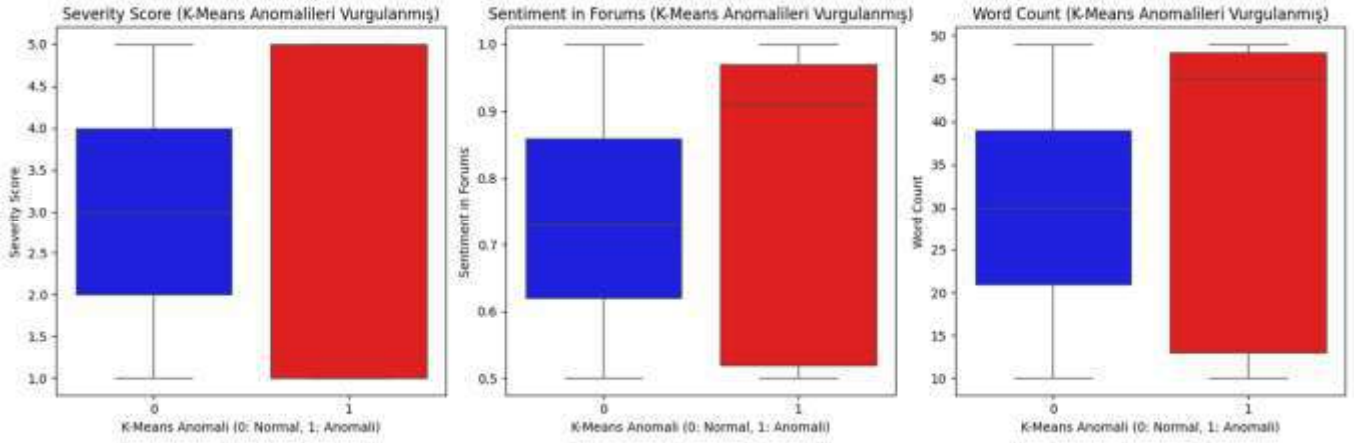
Şekil 1

Anomali tespiti süreçlerinde ise, küme merkezlerine olan öklidyen uzaklık temelli metot ile istatistiksel olarak sıra dışı 55 vaka belirlenmiş olup, İzolasyon Ormanı algoritması aracılığıyla veri setindeki daha yaygın atipik örüntüler de saptanmıştır (Şekil 2). Her iki yöntemin kesişim kümesinde yer alan 55 ortak anomali, veri setinin en belirgin uç değörlerini temsil etmektedir.



Şekil 2

Gerçekleştirilen analizler neticesinde, anomali tespiti kararlarında risk seviyesi, ciddiyet skoru ve forumlardaki duygusal ton gibi özniteliklerin merkezi bir rol oynadığı ampirik olarak desteklenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3

Tehdit kategorilerinin daha üst düzey bir taksonomiye indirgenmesi amacıyla gerçekleştirilen sınıf azaltma denemesi, risk seviyesi ve ciddiyet skoruna dayalı basit bir hiyerarşik gruptamanın, mevcut tehdit çeşitliliğini anlamlı ve tutarlı bir şekilde özetlemede sınırlılıklar arz ettiğini göstermiştir. Sonuç olarak, bu analizler siber güvenlik tehdit verilerindeki temel yapısal özellikleri ve potansiyel anomali alanlarını başarıyla tanımlamıştır. Gelecekteki araştırmalar için daha sofistike sınıflandırma ve taksonomi geliştirme yaklaşımları kullanılarak literatüre katkı sağlanabilir.

Kümeleme analizi, siber güvenlik tehdit verilerinde belirgin doğal gruplar ortaya koymuştur. Bu gruplar, tehdit kategorileri arasında potansiyel ilişkileri işaret etmektedir (Tablo 2). Anomali tespiti için uygulanan öklid mesafesi ve İzolasyon Ormanı algoritmaları, veri setinde çeşitli anormallikler saptamıştır. İzolasyon Ormanı, seyrek anomali örüntülerini yakalamada etkili bulunmuştur (Şekil 1). Elde edilen kümeleme ve anomali tespit sonuçlarının yorumlanabilirliği, makine öğrenmesi teknikleri ile desteklenmiştir. Risk seviyesi ve ciddiyet skoruna dayalı gruptama stratejisi, tehdit kategorilerinin daha yönetilebilir bir şekilde yeniden düzenlenmesine olanak tanımıştır. Bu bulgular, siber güvenlik tehditlerinin anlaşılması ve yönetilmesi için önemli içgörüler sunmaktadır.

ÖDƏBİYYAT SİYAHISI

- 1- Dahal, A., Bajgai, P., & Rahimi, N. (2025). Analysis of Zero Day Attack Detection Using MLP and XAI. arXiv preprint arXiv:2501.16638.
- 2- Raghupathy, B. K., Reddy, M. R., Theeda, P., Balasubramanian, E., Namachivayam, R. K., & Ganesan, M. (2025). Harnessing Explainable Artificial Intelligence (XAI) based SHAPLEY Values and Ensemble Techniques for Accurate Alzheimer's Disease Diagnosis. Engineering, Technology & Applied Science Research, 15(2), 20743-20747.
- 3- Sheikh, H. (2021). NLP-Based Cyber Security Dataset. Kaggle. <https://www.kaggle.com/datasets/hussainsheikh03/nlp-based-cyber-security-dataset?resource=download>
- 4- Yaseen, O. M., & Rashid, M. M. An Explainable Artificial Intelligence (XAI) Methodology for Heart Disease Classification.

ABSTRACT

The rapid growth in internet and computer usage worldwide has led to a proportional increase in cybersecurity threats. These threats must be examined and evaluated under various categories, each possessing different levels of risk and potential impact. In particular, security threats such as malicious software, Distributed Denial of Service (DDoS) attacks, and ransomware can cause significant economic and operational damage to both individuals and organizations. This study aims to identify and analyze high-impact cyber threats encountered by individual and institutional users. Our main approach is to interpret cyber threats by analyzing a current dataset based on Natural Language Processing (NLP), utilizing various machine learning techniques. Within the scope of the methodology, the objective is not only to analyze the data through an explainable model, but also to present the model's decision-making processes to users in a meaningful manner. This approach seeks to

enhance the transparency of the model's internal operations, thereby increasing the reliability and interpretability of the obtained results. In this study, risk levels were analyzed using the K-Means clustering algorithm. In the next phase, potential anomalies were detected using the Isolation Forest method. Finally, the attribute values of the cluster centers and the points marked as anomalies were examined. The methods employed in this study have yielded successful results in the analysis of cybersecurity threats.

Anahtar Kelimeler: Artificial Intelligence, Machine Learning, Cyber Security, Cyber Attacks, Natural Language Processing (NLP)

SÜNİ INTELEKT: NƏZƏRİYYƏDƏN PRAKTİKAYA

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537695>

Aysel Mustafabəyli

aysel.mustafabeyli.96@mail.ru

Azərbaycan Dillər Universiteti

Xülasə. Bu məqalə süni intellektin (Sİ) nəzəri əsaslarından başlayaraq onun praktik tətbiqlərinə qədər olan inkişaf mərhələlərini təhlil edir. Əvvəlcə süni intellektin tarixi inkişafı və əsas anlayışları, o cümlədən maşın öyrənməsi, neyron şəbəkələr və ekspert sistemləri nəzərdən keçirilir. Məqalədə süni intellektin inkişafında mühüm rol oynayan alqoritmik yanaşmalar, riyazi modellər, neyron şəbəkələr, təbii dilin emalı (NLP), və maşın öyrənməsi kimi sahələr ətrafı izah edilir. Ardınca, Sİ-nin təhsil, səhiyyə, sənaye və gündəlik həyatdakı tətbiqlərinə diqqət yetirilir. Məqalədə həmçinin etik və hüquqi məsələlərə, eləcə də insan-Sİ əməkdaşlığının gələcək perspektivlərinə yer verilir. Məqalənin nəticə hissəsində qeyd olunur ki, süni intellekt yalnız texnoloji inkişaf vasitəsi deyil, həm də insanların həyat tərzini və iş mühitini dəyişən transformativ bir qüvvədir. Müəlliflər vurğulayırlar ki, gələcəkdə Sİ-nin uğurlu tətbiqi üçün yalnız texniki deyil, həm də etik və humanitar yanaşmalar vacib olacaqdır. Məqalə, eyni zamanda, bu sahədə gələcək tədqiqat istiqamətləri üçün tövsiyələr təqdim edir və süni intellektin davamlı inkişafının cəmiyyətin rifahına xidmət etməli olduğunu önə çəkir.

Açar sözlər: Süni intellekt, alqoritmlər, texnoloji inkişaf, innovasiya, avtomatlaşdırma, rəqəmsal transformasiya

Fəaliyyətdə olan süni intellekt insan zəkasını təqlid edir: o, şəkilləri tanıya, şeir yazı və verilənlər əsasında proqnozlar verə bilər. Müasir təşkilatlar müxtəlif mənbələrdən – ağıllı sensorlar, monitorinq alətləri, sistem qeydləri və insan tərəfindən yaradılmış məzmunundan böyük həcmdə məlumat toplayır. Süni intellekt texnologiyaları məlumatları təhlil edir və onlardan biznesin səmərəli idarə edilməsi üçün istifadə edir. Məsələn, süni intellekt texnologiyası müştəri xidmətində insan söhbətlərinə cavab verə, marketing məqsədləri üçün orijinal şəkillər və mətn yarada və analitika üçün ağıllı tövsiyələr verə bilər.

Süni intellektin rolu fərdiləşdirilmiş istifadəçi təcrübəsini çatdırmaq və mürəkkəb problemləri həll etmək üçün proqram təminatını zəka ilə aşılamaqdır.

Süni intellekt tətbiqetmələrinin və texnologiyalarının sayı son bir neçə ildə artıb. Aşağıda rastlaşa biləcəyiniz ümumi Sİ texnologiyalarının bəzi nümunələri verilmişdir.

Şəkil generasiyası

Şəkillərin yaradılması sıfırdan və ya təsvirlərə əsaslanaraq yeni şəkillər yaratmaq üçün süni intellektdən istifadəni nəzərdə tutur. Məsələn, süni intellekt “dənizin üzərində gün batımı” kimi sadə mətn sorğusunu götürə və real və ya bədii təsvir yarada bilər. Texnologiya, sənət, əyləncə və marketinqdə istifadə olunur və yaradıcılara konsepsiyaları tez və effektiv şəkildə vizuallaşdırmağa imkan verir.

Mətn generasiyası

Mətn yaratma süni intellektin insan yazısını təqlid edərək avtomatik olaraq mətn yaratdığı prosesdir. O, sadə cümlələrdən tutmuş bütün məqalələrə, şeirlərə və ya hekayələrə qədər hər şeyi yarada bilər. Bu texnologiya chatbotlarda, məzmunun yaradılmasında və hətta e-poçt və ya hesabatların yazılmasında istifadə olunur.

Nitqin yaranması və tanınması

Nitq generasiyası sizinlə ünsiyyət qurarkən virtual köməkçilər (Alexa kimi) Sİ-ə nitq yaratmağa imkan verir. Nitqin tanınması süni intellektin insan nitqini anladığı və emal etdiyi prosesdir. Bu texnologiya səsli idarə olunan cihazlarda və müştəri dəstək xidmətlərində geniş istifadə olunur və əlilliyi olan insanların daha effektiv ünsiyyət qurmasına kömək edir.

Multimodal al

Multimodal süni intellekt informasiyanın daha dolğun başa düşülməsini təmin etmək üçün mətn, şəkillər və səs kimi müxtəlif məlumat növlərini birləşdirir. Məsələn, multimodal süni intellekt videonu orada deyilən sözləri başa düşmək, obyektləri qavramaq və ekranda görünən istənilən mətni oxumaqla təhlil edə bilər. Süni intellektin bu təkmil forması, eyni vaxtda birdən çox məlumat növünün başa düşülməsi və şərh edilməsinin təhlükəsiz istismar üçün vacib olduğu avtonom nəqliyyat vasitələri kimi sahələrdə istifadə olunur.

Bütün müasir süni intellekt texnologiyaları əvvəlcədən müəyyən edilmiş parametrlər dəsti daxilində işləyir. Məsələn, şəkilləri tanımaq və yaratmaq üçün öyrədilmiş, Sİ modelləri veb saytlar yarada bilməz. Süni ümumi intellekt Sİ-də nəzəri tədqiqat sahəsidir və insana bənzər intellektə və öz-özünə öyrənmə qabiliyyətinə malik proqram təminatı yaratmaq məqsədi daşıyır. Tədqiqatın məqsədi proqram təminatının mütləq öyrədilmədiyi və ya hazırlanmadığı tapşırıqları yerinə yetirməsini təmin etməkdir. Süni intellekt sistemini idarə etmək üçün bir sıra texnologiyalardan istifadə edilir. Onların xüsusiyyətləri müxtəlifdir, lakin əsas prinsiplər eyni qalır: onlar mətn, şəkillər, video və

audio kimi bütün növ verilənləri ədədi təsvirlərə çevirir və onlar arasındakı qanunauyğunluqları və əlaqələri riyazi şəkildə müəyyən edirlər. Buna görə də, süni intellekt texnologiyaları təlim tələb edir: onlar insanların mövcud bilik arxivlərindən biliyi necə əldə etdiyi kimi, böyük həcmdə mövcud məlumat dəstlərindən “öyrənə” bilirlər.

Süni intellektin arxitekturası üç əsas təbəqədən ibarətdir. Bu təbəqələrin hamısı süni intellektin işləməsi üçün lazımi hesablama və yaddaş resurslarını təmin edən IT infrastrukturundan istifadə etməklə fəaliyyət göstərir.

Səviyyə 1. Məlumat

Süni intellekt maşın öyrənməsi, təbii dilin işlənməsi və təsvirin tanınması kimi müxtəlif texnologiyalara əsaslanır. Bu texnologiyaların mərkəzində AI-nin əsas təbəqəsi olan məlumatlar dayanır. Bu səviyyədə süni intellekt tətbiqləri üçün məlumatların hazırlanmasına diqqət yetirilir.

Səviyyə 2. Modellər

Müasir süni intellekt mürəkkəb rəqəmsal tapşırıqları yerinə yetirmək üçün əsasən əsas və böyük dil modellərindən istifadə edir. Baza modelləri ümumiləşdirilmiş və etiketlenməmiş məlumatların geniş spektri üzərində öyrədilmiş dərin öyrənmə modelləridir. Sorğulara əsaslanaraq, bu modellər yüksək dəqiqlik dərəcəsi ilə geniş spektrli fərqli tapşırıqları yerinə yetirə bilər. Təşkilatlar mövcud proqramlara süni intellekt imkanlarını əlavə etmək və ya yeni süni intellektlə işləyən modellər qurmaq üçün əvvəlcədən hazırlanmış baza modellərindən istifadə edir və daxili məlumatlar əsasında onları dəqiqləşdirir. Qeyd etmək vacibdir ki, bir çox təşkilat bir çox rəqəmsal problemləri həll etmək üçün maşın öyrənmə modellərindən istifadə etməyə davam edir. Maşın öyrənmə modelləri bir çox istifadə vəziyyətlərində əsas modelləri üstəliyə bilər və AI tətbiqatçıları xüsusi tapşırıqlar üçün ən yaxşı modelləri seçmək çevikliyinə malikdirlər.

Səviyyə 3. Tətbiq səviyyəsi

Üçüncü qat tətbiq təbəqəsidir, AI arxitekturasının müştəriyə baxan hissəsidir. Siz süni intellekt sistemlərindən müəyyən tapşırıqları yerinə yetirməyi, məlumat yaratmağı, anlayışlar təqdim etməyi və ya verilənlərə əsaslanan qərarlar qəbul etməyi xahiş edə bilərsiniz. Tətbiq səviyyəsi son istifadəçilərə süni intellekt sistemləri ilə qarşılıqlı əlaqə yaratmağa imkan verir.

Bu texnologiyaların inkişafında mərkəzi olan maşın öyrənməsi və dərin öyrənmədir, bu gün gördüyümüz bir çox yenilikləri idarə edən AI-nin iki qolu bir-biri ilə əlaqəli olsalar da, bu terminlərin hər birinin özünəməxsus mənası var.

1. Nəzarət edilən öyrənmə: Alqoritm etiketlenmiş verilənlər toplusu üzərində öyrədilir, burada hər bir nümunənin girişi və müvafiq çıxışı var və məlum etiketlenmiş məlumatlar əsasında yeni, görünməyən məlumatlar üzrə proqnozlar verir.
2. Nəzarətsiz öyrənmə: Əvvəlcədən müəyyən edilmiş etikətlər və ya çıxışlar olmadan alqoritm verilənlərdə gizli strukturları və ya qruplaşmaları kəşf etməyi öyrənir.
3. Gücləndirici öyrənmə: Ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqədə olmaq və sınaq və səhv yolu ilə öyrənmək üçün təlim keçmiş agent, zamanla öyrənməyə və performansını yaxşılaşdırmağa imkan verən hərəkətlər edərkən mükafat və ya cəza şəklində rəy alır.

Dərin öyrənmə, siqnalları ötürən bir-biri ilə əlaqəli qovşaqlardan (neyronlardan) ibarət insan beyninin strukturu və funksiyasından ilhamlanan, çox qatlı süni neyron şəbəkələrinin hazırlanmasına yönəlmiş maşın öyrənməsinin alt hissəsidir. Çoxsaylı abstraksiya təbəqələri vasitəsilə xam verilənlərdən xüsusiyyətləri avtomatik çıxarmaqla, bu cür AI alqoritmləri görüntü və nitqin tanınması, təbii dilin işlənməsi və bir çox digər sahələrdə üstündür. Dərin öyrənmə böyük, yüksək ölçülü verilənlər toplusunu idarə edə bilər, lakin mürəkkəbliyinə görə əhəmiyyətli hesablama gücü və uzun təlim vaxtları tələb edir.

Süni intellekt nə edə bilər? Əksər insanlar bunu ağıllı dinamiklərdən və Siri və Alexa kimi smartfon köməkçilərindən bilirlər, lakin yeni süni intellekt texnologiyaları daim həyatımızı bir çox başqa yollarla asanlaşdırır və daha səmərəli edir.

Süni intellekt texnologiyalarının tətbiqinə dair bəzi nümunələr:

1. Səhiyyədə süni intellekt dəqiq proqnozlar vermək və daha yaxşı nəticələr üçün fərdiləşdirilmiş müalicələr tövsiyə etmək üçün böyük miqdarda xəstə məlumatlarını emal edə və təhlil edə bilər.
2. Biznes və istehsalat hər sahədə avtomatlaşdırmadan faydalanır: saxtakarlığın aşkarlanması, risklərin qiymətləndirilməsi və bazar trendinin təhlilindən tutmuş istehsal xətlərində süni intellektlə idarə olunan robotlara qədər. Süni intellekt sistemləri həmçinin avadanlığın nasazlıqlarını onlar baş verməzdən əvvəl proqnozlaşdırır və şəbəkə trafikindəki anomaliyaları aşkar edərək kibertəhlükəsizlik təhdidlərini müəyyən edə bilər.
3. Təhsildə AI tələbələrin ehtiyaclarına uyğunlaşan, fərdiləşdirilmiş rəy və tövsiyələr verən intellektual repetitorluq sistemlərini əhatə edir. Süni intellekt həmçinin avtomatik qiymətlər təyin etməyə, tədris materialları yaratmağa və virtual realıqda situasiyaları simulyasiya etməyə imkan verir.
4. Nəqliyyat süni intellekt nəqliyyat axını optimallaşdırır, texniki xidmət ehtiyaclarını proqnozlaşdırır və daşıma şirkətlərində loqistikanı yaxşılaşdırır, kənd təsərrüfatında isə məhsul məhsuldarlığını optimallaşdırır və

resurslardan israfçı istifadəni azaldır. Süni intellektlə işləyən dronlar torpağın vəziyyətini izləyər, məhsul xəstəliklərini aşkarlaya və suvarma ehtiyaclarını qiymətləndirə bilər, süni intellekt sistemləri isə pestisidlərdən səmərəli istifadəni və məhsulun idarə olunmasını tövsiyə edə bilər.

5. Əyləncə: İstifadəçi seçşimlərini təhlil edərək, Al filmləri, musiqiləri və ya kitabları tövsiyə edə bilər. Virtual və genişlənmiş reallıq immersiv əyləncə mühitləri yaradır.

Chat GPT kimi geniş miqyaslı dil modelləri ilə yekunlaşan yuxarıda göstərilən süni intellekt nümunələri heyvətəməz səyahətin yalnız başlanğıcını göstərir. Söhbət generativ süni intellektin yaranmasından gedir – süni intellektdə maraqlı yeni istiqamət, mövcud məlumatları sadəcə təhlil etməkdənsə, yeni məzmun yaratmağa diqqət yetirir. Əsasən təsnifat və ya proqnozlaşdırma problemlərini həll etmək üçün nəzərdə tutulmuş ənənəvi süni intellekt sistemlərindən fərqli olaraq, generativ modellər insan yaradıcılığını və təxəyyülünü təqlid edən yeni nəticələr yaratmağı hədəfləyir. Bu, maşınlara şəkillər, mətn, musiqi və hətta bütün virtual dünyalar daxil olmaqla, müxtəlif məzmun növlərini avtonom şəkildə yaratmağa imkan verəcəkdir.

Əslində, Al nümunələri çıxarmaq və proqnozlar vermək üçün məlumatları təhlil edir. Bunun üçün o, proqram təminatına verilənlərdəki nümunələrdən öyrənməyə imkan verən böyük həcmli məlumatları ağıllı süni intellekt alqoritmləri – və ya qaydalar toplusu ilə birləşdirir. Bunun üçün sistem əlaqələri tapmaq və verilənlərdən məna çıxarmaq üçün neyron şəbəkədən – müxtəlif təbəqələr arasında məlumat ötürən bir-birinə bağlı qovşaqlar massivindən istifadə edir.

Bunun necə işlədiyini başa düşmək üçün aşağıdakı anlayışları başa düşməliyik:

1. Öyrənmə: Maşın öyrənmə Al kompüterlərə məlumatlardan öyrənməyə, nümunələri müəyyən etməyə və bunun üçün açıq şəkildə proqramlaşdırılmadan qərarlar qəbul etməyə imkan verir. Dərin öyrənmədə irəliləyişlər süni intellekt proqramlarına milyonlarla məlumatdan istifadə edərək daha mürəkkəb nümunələri başa düşməyə imkan verir.
2. Düşünmə: Mühakimə qabiliyyəti süni intellekt üçün vacibdir, çünki o, kompüterlərə insan beynini təqlid etməyə imkan verir. Süni intellekt alınan əməllərə və ya digər mövcud məlumatlara əsasən nəticə çıxara, fərziyyələr yarada və ya problemi həll etmək üçün strategiyalar hazırlaya bilər.
3. Problemin həlli: Süni intellektin problemləri həll etmək bacarığı sınaq və səhv yolu ilə verilənlərin manipulyasiyasına əsaslanır. Bu, mürəkkəb problemlərin ən optimal həllini tapmaq üçün müxtəlif mümkün yolları araşdırmaq üçün alqoritmlərdən istifadə etməyi nəzərdə tutur.

4. Dil emalı: Al, insan dili məlumatlarını kompüterlərin başa düşəcəyi şəkildə təhlil etmək üçün təbii dil emalından və ya NLP-dən istifadə edir. NLP nədir? Bu, kompüterlərin mətn təhlili, sentiment təhlili və maşın tərcüməsindən istifadə edərək insan dilini anlamaq, şərh etmək və yaratmaq qabiliyyətidir.
5. Qavrama: Süni intellekt temperatur sensorları və kameralar kimi sensorlardan istifadə edərək ətrafını skan edir. Kompüter görmə kimi tanınan bu süni intellekt sahəsi maşınlarla vizual məlumatları şərh etməyə və anlamağa imkan verir və təsvirin tanınması, sifətin tanınması və obyektin aşkarlanması üçün istifadə olunur.

Məqalənin elmi yeniliyi. Süni intellekt sahəsində son illərdə baş verən sürətli inkişafın nəticəsində nəzəri modellər praktik tətbiqlərə çevrilmiş, xüsusilə də təhsil, səhiyyə, iqtisadiyyat və informasiya texnologiyaları kimi sahələrdə real problemlərin həlli üçün effektiv vasitələr kimi çıxış etməyə başlamışdır. Əvvəllər yalnız akademik tədqiqatlarda mövcud olan maşın öyrənməsi, neyron şəbəkələr və təbii dilin emalı kimi nəzəri anlayışlar bu gün gündəlik həyatda istifadə olunan texnologiyaların əsasını təşkil edir. Bu keçid süni intellektin yalnız informasiya emalı ilə məhdudlaşmayıb, həm də qərar qəbul etmə, yaradıcılıq və insan davranışlarını modelləşdirmə sahələrində də yeni imkanlar açdığını göstərir. Beləliklə, süni intellekt sahəsində nəzəri yanaşmalardan praktik tətbiqlərə keçid, elm və cəmiyyət arasında daha sıx bir inteqrasiya yaratmaqla yanaşı, həm də yeni tədqiqat istiqamətlərinin formalaşmasına səbəb olmuşdur.

Məqalənin praktik əhəmiyyəti. Süni intellektin praktik əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, bu texnologiya müxtəlif sahələrdə iş proseslərini optimallaşdırır, insan resurslarına olan tələbatı azaldır və məhsuldarlığı artırır. Süni intellekt insanların gündəlik qərarvermə proseslərində də yardımçı vasitə rolunu oynayaraq, cəmiyyətin intellektual potensialının inkişafına töhvə verir.

Nəticə etibarilə süni intellektin nəzəri əsaslardan çıxaraq praktik həyata inteqrasiyası, müxtəlif sahələrdə innovativ həllərin yaranmasına şərait yaratmışdır. Bu texnologiya təhsildən səhiyyəyə qədər bir çox sahədə effektivliyi artırmaqla yanaşı, yeni imkanlar və tədqiqat istiqamətləri formalaşdırır. Gələcəkdə süni intellektin daha da inkişaf edərək insan həyatının ayrılmaz bir hissəsinə çevriləcəyi gözlənilir.

İstifadə edilmiş ədəbiyyat

1. Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. Center for Curriculum Redesign.
2. Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education. Pearson Education.
<https://www.pearson.com/content/dam/one-dot-com/one-dot-com/global/Files/about-pearson/innovation/open-ideas/Intelligence-Unleashed-Publication.pdf>
3. Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 1–27.
4. Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278.
5. UNESCO. (2021). AI and Education: Guidance for policy-makers. Paris: UNESCO.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709>
6. Kukulska-Hulme, A. (2020). Will mobile learning change language learning? *ReCALL*, 32(3), 235-251. (AI və mobil texnologiyaların dil təlimində istifadəsi kontekstində)
7. Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution and revolution in artificial intelligence in education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 582–599.
8. Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). Educational data mining and learning analytics. In J. Larusson & B. White (Eds.), *Learning Analytics* (pp. 61–75). Springer.

Резюме

В данной статье анализируются этапы развития искусственного интеллекта (ИИ) — от его теоретических основ до практических применений. Сначала рассматривается история развития ИИ и его основные понятия, включая машинное обучение, нейронные сети и экспертные системы. Особое внимание уделяется алгоритмическим подходам, математическим моделям, нейронным сетям, обработке естественного языка (NLP) и машинному обучению как ключевым направлениям развития ИИ. Далее анализируются сферы применения ИИ в образовании, здравоохранении, промышленности и повседневной жизни. В статье также рассматриваются этические и правовые вопросы, а также перспективы взаимодействия человека и ИИ в будущем. В заключении подчеркивается, что ИИ

представляет собой не только средство технологического прогресса, но и трансформирующую силу, изменяющую образ жизни и рабочую среду человека.

Авторы отмечают, что успешное внедрение ИИ в будущем потребует не только технических знаний, но и этического и гуманитарного подхода. Статья также содержит рекомендации для будущих исследований в этой области и подчеркивает, что устойчивое развитие ИИ должно служить благополучию общества.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, алгоритмы, технологическое развитие, инновации, автоматизация, цифровая трансформация

Summary

This article analyzes the stages of development of artificial intelligence (AI), starting from its theoretical foundations to its practical applications. Initially, it discusses the historical development of AI and its key concepts, including machine learning, neural networks, and expert systems. The article further explains areas that play a significant role in the development of AI, such as algorithmic approaches, mathematical models, neural networks, natural language processing (NLP), and machine learning.

Subsequently, it highlights the application of AI in education, healthcare, industry, and daily life. The article also addresses ethical and legal issues, along with perspectives on the future of human-AI collaboration. The conclusion emphasizes that AI is not just a tool for technological advancement, but a transformative force that changes human life and work environments. The author highlights that in the future, the successful application of AI will require not only technical knowledge but also ethical and humanitarian approaches. The article also presents future research directions in this field and stresses that the continuous development of AI should serve the well-being of society.

Key words: Artificial intelligence, algorithms, technological development, innovation, automation, digital transformation

LAYİHƏNİN İDARƏ EDİLMƏSİNDƏ RİSKLƏRİN ANALİZİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537701>

Zeynəb Muradxanlı

zeynab.muradkhanli@khazar.org

ORCID ID: 0009-0000-2548-2024

Xəzər Universiteti

XÜLASƏ

Risklərin analizi layihənin həyat dövrünün bütün mərhələlərində qərar qəbul etmək üçün vacibdir. Məqalədə layihələrin idarə edilməsində risklərin analizinin rolu, risklərin idarə edilməsinin mərhələləri, risklərin analizi metodları göstərilmişdir. Layihənin idarə edilməsində risklərin analizi üsulları – risklərin keyfiyyət təhlili, risklərin kəmiyyət təhlili, Monte Karlo Simulyasiyası, SWOT analizi, Delfi metodu təhlil edilmişdir. Həmçinin risk analizinin faydaları və zəif tərəfləri ətraflı analiz edilmişdir.

Açar sözlər: Risk, layihə riski, layihə riskinin idarə edilməsi, riskin analizi, Monte Karlo Simulyasiyası, SWOT analizi, Delfi metodu

GİRİŞ

Risk - layihənin məqsədlərinin əldə olunmasına müəyyən zərər vura bilən, gözlənilməyən hadisələrin yaranmasına səbəb olan, layihəyə və onun elementlərinə təsir göstərən bir parametrdir. Risk və imkanların idarə edilməsi ilkin ideyadan tutmuş, layihənin bağlanması qədər layihənin həyat yolunun bütün fazalarında baş verən daimi prosesi əhatə edir (Babayev, 2020. s.104-105).

Risk analizi dörd əsas mərhələdən ibarət olan layihə risklərinin idarə edilməsi prosesində fundamental addımdır (Şəkil 1).

Riskin müəyyən edilməsi: Potensial layihə riskləri müəyyən edilir və risk reyestrindən istifadə edərək onlar siyahıya alınır.

Risk analizi: Hər bir risk üçün təsir, ehtimal və məruz qalma dərəcəsinin qiymətləndirilir və bu məlumat əsasında prioritet səviyyə təyin edilir. Prioritet səviyyəsi nə qədər yüksək olarsa, riski azaltmaq üçün bir o qədər çox resurslar ayrılır.

Risklərin idarə edilməsi planı yaradılması: Hər bir layihə riskinin təsirini azaltmaq üçün risklərin azaldılması strategiyaları və ya ehtiyat planları yaradılır. Bu təfərrüatlar adətən risklərin idarə edilməsi planına daxil edilir.

Layihənin tamamlanmasına qədər riskləri izlənilməsi: Risklərin idarə edilməsi planı həyata keçirilir. Hər zaman riski izləmək üçün layihə nəzarətləri qurulur.



Şəkil 1. Layihə risklərinin idarə edilməsi

MATERIAL VƏ METODLAR

Layihənin idarə edilməsində risklərin analizi üsulları bunlardır:

1. Risklərin Keyfiyyət Təhlili

Risklərin keyfiyyət təhlilinə mövzu üzrə ekspertlərin rəylərinə və subyektiv və qeyri-statistik metodlarla əsaslanan alət və metodlar aiddir. Risklərin keyfiyyət təhlili alətinə misal olaraq risk matrisini göstərmək olar.

Risklərin keyfiyyət təhlili risklərin kəmiyyət təhlili üçün əsasdır və yüksək təsirli risklərə diqqət yetirərkən layihənin qeyri-müəyyənliyini azaldır. Bu, riskə cavabdehi təyin etməyə və müvafiq risk cavabını planlaşdırmağa imkan verir.

2. Risklərin Kəmiyyət Təhlili

Layihə risklərinin statistik müayinəsi risklərin kəmiyyət təhlili kimi tanınır. Faktlara əsaslandığına görə, risklərin kəmiyyət təhlili, keyfiyyət analizindən daha uzun vaxt tələb etsə də, adətən daha yüksək dəqiqlikli nəticələr verir.

Risqlərin kəmiyyət təhlili müəyyən edilmiş risklərin ümumi layihəyə təsirinin statistik təhlilidir. Bu, layihə menecerlərinə və komanda liderlərinə daha az qeyri-müəyyənliklə qərarlar qəbul etməyə kömək edir və risklərə nəzarət prosesini dəstəkləyir.

Risqlərin kəmiyyət təhlili layihə üçün mümkün nəticələri hesablayır və layihənin məqsədinə çatma ehtimalını müəyyən edir. Bu, xüsusilə layihənin planlaşdırma mərhələsində qeyri-müəyyənlik olduqda, qərar qəbul etməyə kömək edir. Risklərin kəmiyyət təhlili layihə menecerlərinə real olan hədəfləri (layihənin xərci, zaman cədvəli və layihənin əhatə dairəsi) yaratmağa kömək edir.

3. Monte Karlo Simulyasiyası

Monte Karlo simulyasiyası virtual mühitdə tapşırıq ssenarilərini yerinə yetirməyə çox oxşayır. Monte Karlo simulyasiyası qeyri-müəyyən olan bir prosesdə mümkün nəticələrin ehtimal paylanması qiymətləndirmək üçün təsadüfi seçmə və statistik modelləşdirmədən istifadə edən hesablama texnikasıdır.

Monte Karlo simulyasiyası risklərin kəmiyyət analizi alətinə nümunədir. Bu, risk ehtimalını qiymətləndirmək üçün kompüterləşdirilmiş metoddan istifadə edən ehtimal texnikasıdır. Bu üsul bir sıra mümkün ssenariləri və onların ehtimallarını yaratmaq üçün təsadüfi girişlərlə çoxsaylı simulyasiyaların aparılmasını nəzərdə tutur. Bu ssenarilərin qiymətləndirilməsi riskləri daha dərinədən başa düşməyə, layihə idarəetmə qərarlarının qəbulunu optimallaşdırmağa və riskləri planlaşdırmağa kömək edir.

4. SWOT analizi

SWOT analizi layihənin planlaşdırılması ilə bağlı güclü, zəif tərəfləri, imkanları və təhdidləri müəyyən etmək üçün istifadə edilən strateji planlaşdırma və strateji idarəetmə vasitəsidir (Vikipediya).

5. Delfi metodu

Delfi metodu ekspert qiymətləndirməsinin ən geniş yayılmış metodlarından biridir. Delfi metodu işçilərin rəylərinin anonim toplanmasından ibarətdir. Bu metod qərar qəbulu üçün ekspert qrupunun iştirakçıları arasında anonim fikir mübadiləsi prosesində risklər haqqında məlumatın əldə olunmasına əsaslanır.

Delfi metodu risklərin idarə edilməsinin və ya sistemin həyat dövrünün istənilən mərhələsində tətbiq oluna bilər. Bu metodun xüsusiyyətləri bunlardır:

- ekspertlərin anonimliyi;
- əks əlaqə;
- sorğu nəticələrinin statistik emalı və cavabın qrup şəklində formalaşdırılması.

NƏTİCƏLƏR

Risk analizi layihənin effektiv idarə edilməsi və qərar qəbulunun vacib komponentidir. Layihə idarəetməsində risk analizi layihənin uğuru üçün potensial təhlükələri müəyyən etməyə, qiymətləndirməyə və azaltmağa kömək edir. Riskləri kateqoriyalara ayırmaqla və onların təsirini, ehtimalını və qarşılıqlı asılılıqlarını başa düşməklə layihə menecerləri qeyri-müəyyənlikləri idarə edə, resurs bölüşdürülməsini optimallaşdırma və qərarların qəbulunu təkmilləşdirə, nəticədə layihənin uğur qazanma ehtimalını artırma və mənfi nəticələri minimuma endirə bilər. Risklərin analizi təcrübələrinin tətbiqi layihələrin daha davamlı olmasını, resursların səmərəli istifadə olunmasını və maraqlı tərəflərin məlumatlı və inamlı olmasını təmin edir.

MÜZAKİRƏ

Risk analizinin faydaları

Daha yaxşı qərar qəbuletmə

Risk analizi baş verməzdən əvvəl nəyin səhv ola biləcəyini anlamağa kömək edir. Potensial problemləri qabaqcadan müəyyən etməklə, daha düzgün seçimlər edə və sürprizlərdən qaça bilərik.

Reaksiya vermək əvəzinə qarşısının alınması

Problemin baş verməsini gözləmək və sonra ona reaksiya vermək əvəzinə, risk analizi əvvəlcədən planlaşdırmağa və problemləri onlar baş verməzdən əvvəl dayandırmağa imkan verir. Bu, vaxta, stressə və pula qənaət etməkdir.

Təkmilləşdirilmiş Planlaşdırma

Riskləri bilməklə, daha effektiv planlaşdırma edə bilərik. İstər layihə, istər biznes strategiyası, istərsə də maliyyə sərmayəsi olsun, risk analizi real planlar yaratmağa və həddən artıq etibardan qaçmağa kömək edir.

Xərclərə qənaət

Problemlərin erkən qarşısını almaq, onların həlli ilə bağlı olan xərclərdən qaçmaq deməkdir. İstər gecikmələr, istər cərimələr, istərsə də satışların itirilməsi, problemlərin qarşısını almaq həmişə onları sonradan həll etməkdən daha ucuzdur.

Ən vacib risklərə diqqət yetirilməsi

Bütün risklər bərabər deyil. Risk analizi hansı risklərin daha çox əhəmiyyət kəsb etdiyini prioritetləşdirməyə, vaxtı, pulu və enerjini ən çox ehtiyac duyulan yerə qoymağa kömək edir.

Risk analizinin zəif tərəfləri

Çox vaxt tələb edir

Riskin analizi çox vaxt apara bilər - xüsusən də layihə və ya sistem böyük və ya mürəkkəbdirsə. Məlumatların toplanması, risklərin təhlili və planların yaradılması diqqət tələb edir.

Bahalı ola bilər

İstifadə etdiyiniz alətlərdən, proqram təminatından və ya məsləhətçilərdən asılı olaraq risk analizi baha başa gələ bilər.

Qeyri-müəyyənlik (həmişə dəqiq deyil)

Risk analizi tez-tez proqnozlar və fərziyyələri əhatə edir. Məlumat və ya mühakimə qüsurlu olarsa, nəticələr yanıltıcı ola bilər. Bütün riskləri dəqiq proqnozlaşdırmaq mümkün deyil. Bu da həddindən artıq ehtiyatlılığa səbəb ola bilər. Potensial risklərə çox diqqət yetirmək hərəkətə keçmək qorxusuna səbəb ola bilər. Bu, buraxılmış imkanlara səbəb ola bilər və ya innovasiya və qərar qəbulunu ləngidə bilər.

Həmçinin xarici amilləri proqnozlaşdırmaq çətindir. Xarici amillər gözlənilməz ola bilər. Bazarda və ya qaydalarda dəyişikliklər risk planlarına zərbə vura bilər.

Mürəkkəblilik

Böyük layihələrdə mümkün risklərin sayı həddən artıq çox ola bilər. Hər şeyi effektiv şəkildə izləmək və idarə etmək çətin ola bilər.

Daimi yeniləmələrə ehtiyacı var

Risklər zamanla dəyişə bilər, xüsusən də sürətlə inkişaf edən sənayelərdə. Risk analizinin müntəzəm olaraq yenilənməsi lazımdır, bu da davamlı səy tələb edir.

Rəylərdən asılılıq, subyektivlik

Bəzi hallarda risk analizi ekspert rəylərindən və ya komandanın rəyindən çox asılıdır. İştirak edən insanlar qərəzli və ya təcrübəsizdirsə, bu, təhlilin keyfiyyətinə təsir edə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Babayev İ.A. (2020). Layihələrin idarə edilməsi. Layihələrin idarə edilməsi üzrə dərs vəsaiti. Bakı, 398 s.
2. Vikipediya https://az.wikipedia.org/wiki/SWOT_analizi

ABSTRACT

The article shows how to use

Risk analysis is important for decision-making at all stages of the project life cycle. The article shows the role of risk analysis in project management, the stages of risk management, and risk analysis methods. Risk analysis methods in project management - qualitative risk analysis, quantitative risk analysis, Monte Carlo Simulation, SWOT analysis, Delphi method - are analyzed. The benefits and weaknesses of risk analysis are also analyzed in detail.

Keywords: Risk, project risk, project risk management, risk analysis, Monte Carlo Simulation, SWOT analysis, Delphi method

ANALYSIS OF JUICES BY INFRARED SPECTROSCOPY (IR) METHODS AND USING DATA SCIENCE FOR PREDICTION

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537712>

Ulugbek IBRAGIMOV

ulugbek.ibr@gmail.com

ORCID ID: 0000-0003-4850-0832

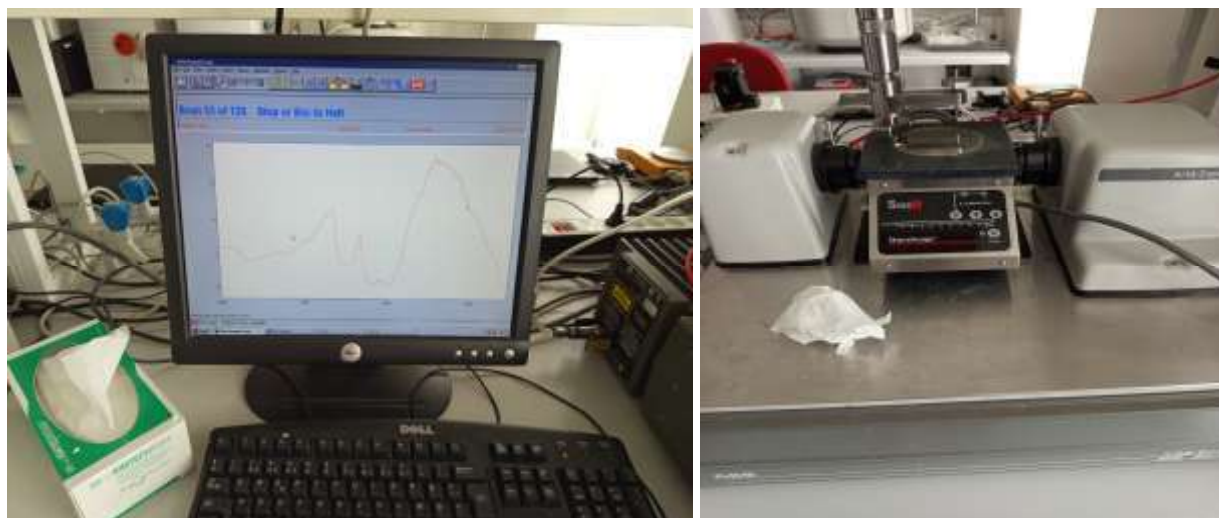
Bukhara engineering-technological institute

Abstract

Work was carried out to determine the qualitative indicators and differences of juices produced in Denmark using modern analysis methods(data science). Results of the order of operation of modern IR method, sample preparation, and analysis of the results obtained were studied.

Keywords: IR analyses, PCA method, PLS method, LatentX, components and scores, MC, MSC, SNV and SG.

In performing laboratory experiments for juice, we used IR technology and used devices(SensIR) to obtain multivariate data. For juice analysis we performed experiments on more than 100 (approximately 108) juice samples (jam).



Pic.1. Laboratory equipment and software for juice composition analysis.

After data accumulation and initial processing, we also obtained reference data on juice and department databases. In the end we had 99 juice samples and reference data.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Samples	Brix	C-vitamin	Korrigeret	Syre	Ratio	Gær	547,6499	551,5066	555,3633	559,2200	563,0767	566,9333	570,7900	574,646
23711	65,86	373	66,72	4,47	14,93	14	1,153816	0,951418	0,887765	0,925942	0,99777	0,941475	0,878843	0,91042
23712	65,3	333	66,2	4,64	14,27	39	1,288327	1,079785	0,963619	0,965958	1,064757	0,979128	0,865244	0,90012
23713	65,37	324	66,24	4,52	14,65	17	1,255866	1,027453	0,958292	0,937937	1,030346	0,991858	0,888923	0,92067
23778	65,22	350	65,95	3,87	17,04	1	1,421271	1,145582	1,04567	1,008922	1,090439	0,9817	0,868955	0,90558
23960	65,37	295	66,26	4,64	14,28	21	1,318057	1,060601	0,953792	0,943973	1,013733	0,955047	0,853149	0,89866
24061	65,13	330	66,01	4,54	14,54	9	1,356552	1,049766	0,939227	0,947225	1,054108	0,939201	0,818467	0,86733
24062	64,52	378	65,4	4,53	14,44	221	1,305618	1,091216	0,985154	0,966452	1,084894	1,036086	0,893907	0,90663
24063	65,19	350	69,06	4,5	15,35	2	1,309758	1,047603	0,965347	0,963588	1,046959	1,023733	0,90321	0,9444
24064	65,38	350	66,16	4,02	16,46	39	1,207376	0,993538	0,882758	0,893898	1,009101	1,00294	0,918801	0,96150
24112	65,21	350	66,06	4,4	15,01	1	1,186959	0,962104	0,880007	0,910378	1,025115	0,982063	0,8588	0,9252

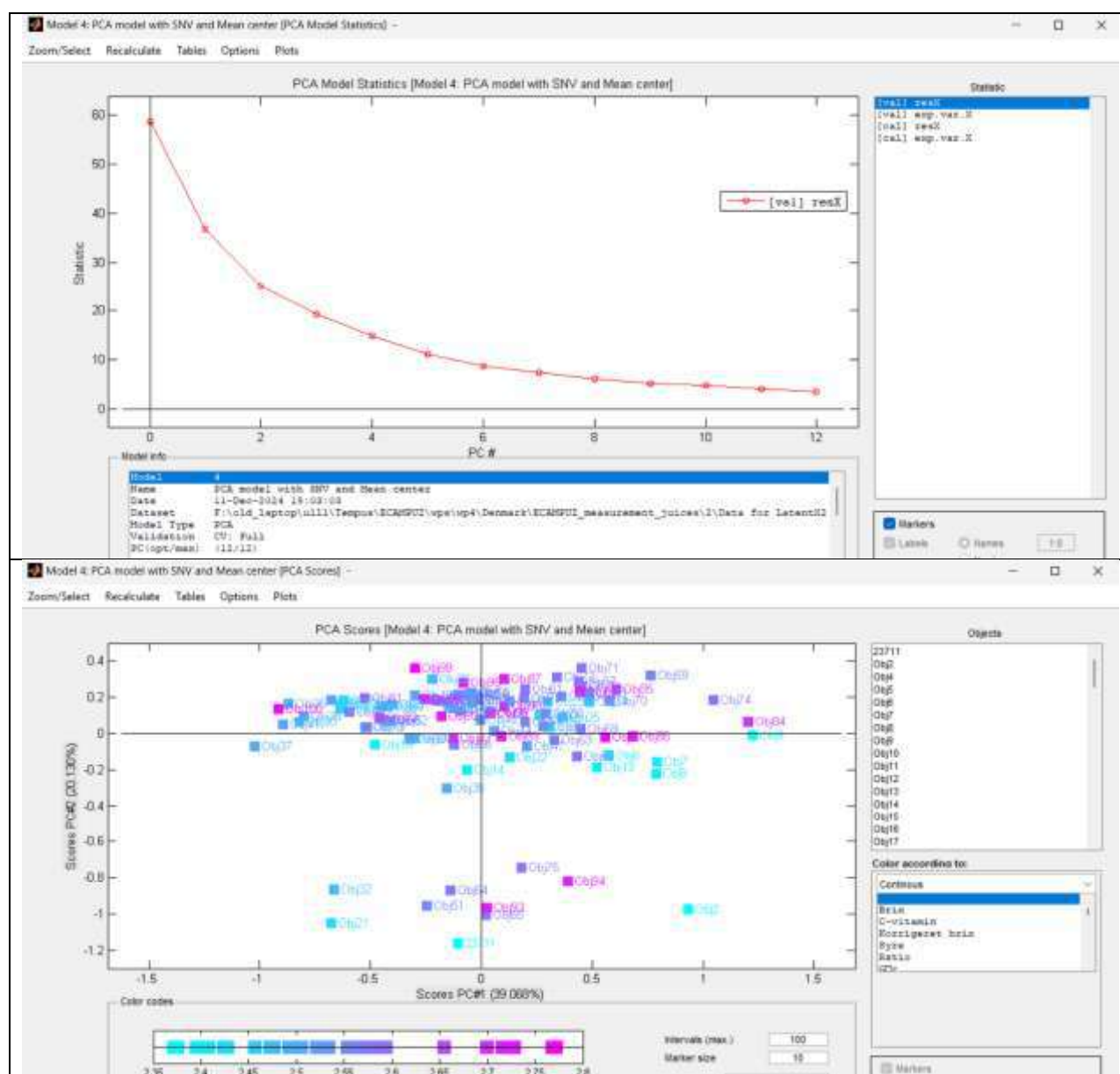
Pic.2. Accumulated data on absorption frequency characteristics and reference data on juices.

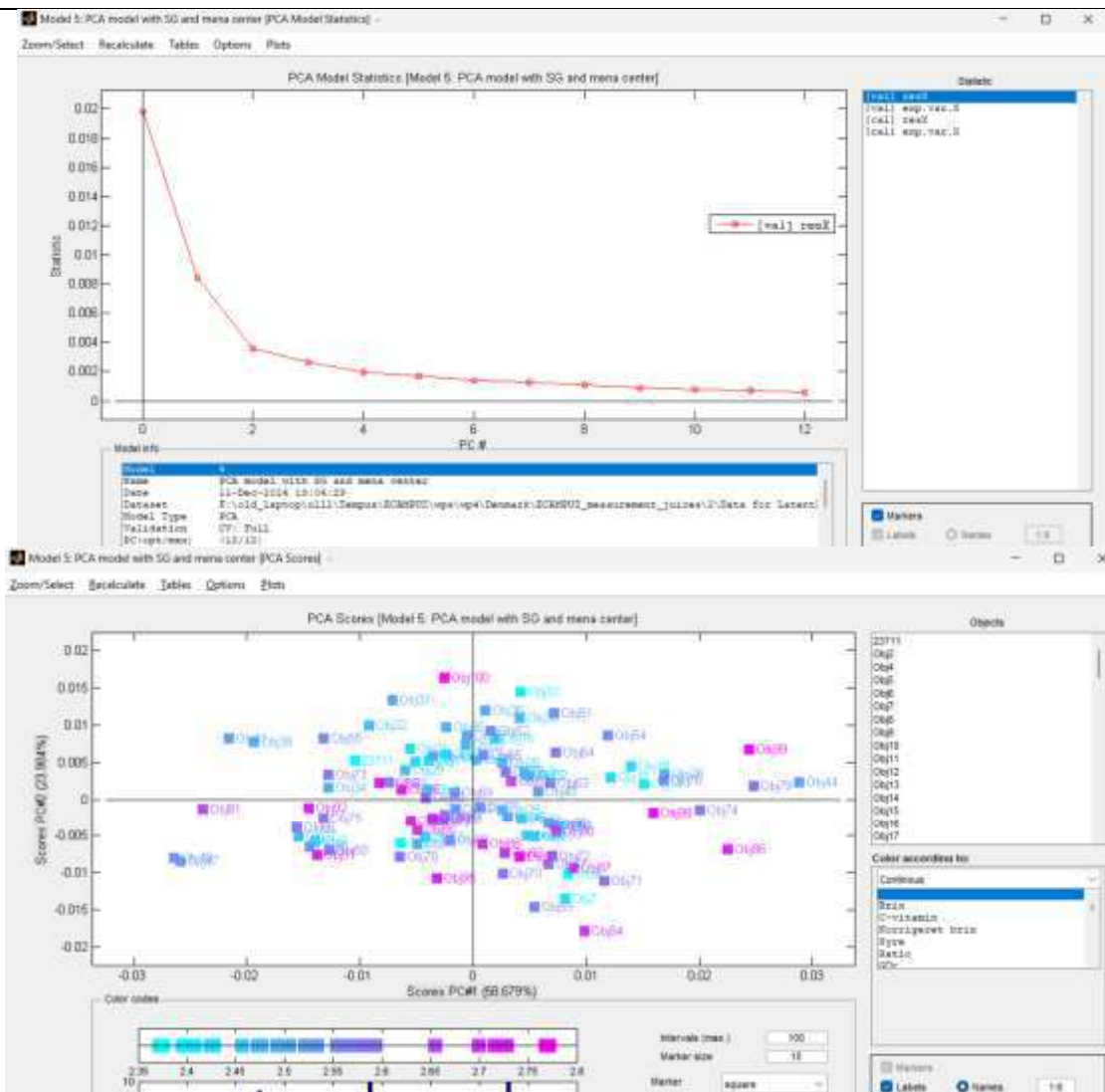
The next step was to perform data analysis, that is, use PCA methods to analyze the data and apply PLS methods to prepare the model, test and evaluate the model and of course use the model prediction.

I also use the acquired skills in using the LatentiX software to process laboratory data on juice.

What I got and what conclusions I made:

First PCA:



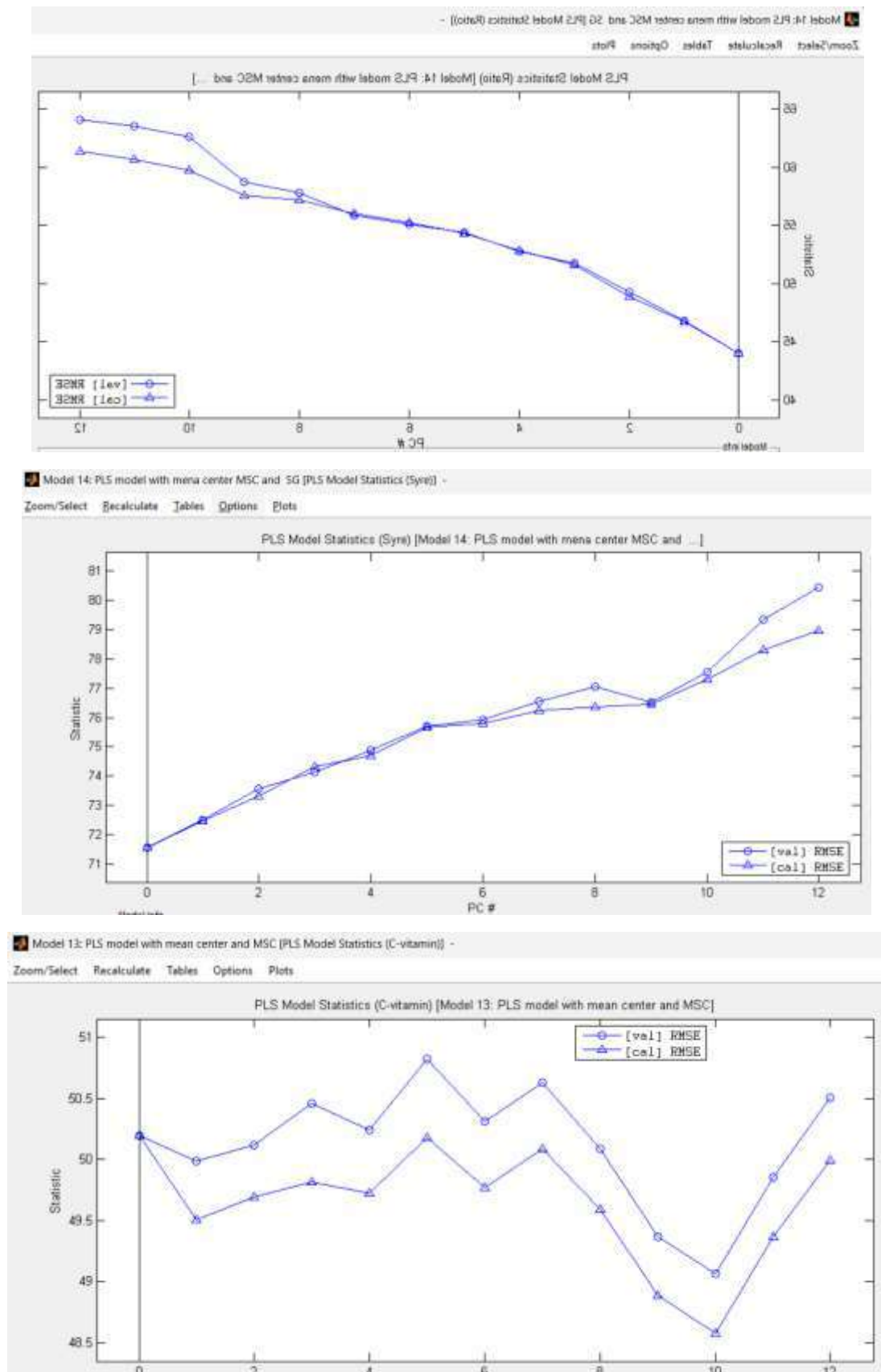


Pic.3. PCA model statistics PCA components and scores

My conclusion for PCA: data analysis to determine the influence of the main components showed that the data processed without transformation and with transformations differ and the number of influencing components in the graphs with transformation (MC, MSC, SNV and SG) are almost the same. Also, the graphs showed that there is no data that goes beyond the limits(OUTLIERS).

After finishing using the PCA method, I moved on to using the PLS method for model building, estimation and prediction.

Data obtained during the construction of the model using LatentIX:



Pic.4. Plots of calculated and validated principal components associated with reference data(Brix, C-vitamin, Korrigeret brix, Syre, Ratio, Gear).

Table-1. Table of actual and predicted results(only validate values)

#	Ref.	RMSE	R	R ²
1	Brix	661,4	0,098	0,0096
2	C-vitamin	961.3	0,4848	0,235
3	Korrigeret brix	171,2	0,087	0,0076
4	Syre	72,5	-0,1781	0,0317
5	Ratio	46,82	-0,1767	0,0312
6	Gear	109,5	0,0854	0,0072

My conclusion for PCA: data analysis to determine the influence of the main components showed that the data processed without transformation and with transformations differ and the number of influencing components in the graphs with transformation (MC, MSC, SNV and SG) are almost the same. Also, the graphs showed that there is no data that goes beyond the limits(OUTLIERS).

References:

1. Paul Gemperline. Practical guide to chemometrics. 2006 by Taylor & Francis Group, LLC. p. 69-103.
2. Yukihiro Ozaki and other. Near-Infrared Spectroscopy. Theory, Spectral Analysis, Instrumentation, and Applications. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2021. p. 3-64.
3. Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications B. Stuart. 2004 John Wiley & Sons, Ltd. University of Technology, Sydney, Australia. p.5-70.
4. Donald L.Pavia. Introduction to spectroscopy. Thomson Learning. United Kingdom. 2005. p.13-21.
5. Ын Анналин, Су Кеннет. Теоретический минимум по Big Data. Всё, что нужно знать о больших данных. — СПб.: Питер, 2019. с.51-65.
6. Vincenzo Esposito Vinzi and other. Handbook of Partial Least Squares. Concepts, Methods and Applications. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010. p.219-235.

BOZKURT OPTİMİZASYONU ALGORİTMASININ ADAPTİF UYGUNLUK MESAFE DENGESİ YÖNTEMİ İLE GELİŞTİRİLMESİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537719>

Uğur GÜVENÇ

ugurguven@duzce.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-5193-7990

Düzce Üniversitesi

Bayram KÜÇÜK

bayramkucuk@duzce.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-1423-1905

Düzce University

Yunus HINISLIOĞLU

yunushinislioglu@duzce.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-8382-3795

Düzce University

Enes KAYMAZ

eneskaymaz@duzce.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-4774-0773

Düzce University

ÖZET

Bu çalışmada, doğal kurt sürülerinin sosyal ve avlanma davranışlarından esinlenerek oluşturulan Bozkurt Optimizasyonu (GWO) algoritmasının geliştirilmiş bir versiyonu olan Adaptif Uygunluk Mesafe Dengesi (AFDB) tabanlı GWO algoritması (AFDBGWO) sunulmaktadır. Metasezgisel arama algoritmalarında yaygın olarak karşılaşılan erken yakınsama ve dengesiz arama problemlerini çözmek amacıyla, GWO'nun liderlik hiyerarşisi ve avcı mekanizması AFDB prensibiyle yeniden yapılandırılmıştır. AFDB yöntemi, çözüm adaylarının hem uygunluk değerlerini hem de çözüm uzayındaki konumsal mesafelerini dikkate alarak, arama ajanlarının seçim sürecini daha etkili ve adaptif hâle getirmektedir. Böylece, arama sürecinde keşif ve sömürü yetenekleri dengeli bir biçimde sağlanmıştır. Önerilen AFDBGWO algoritmasının performansını test etmek amacıyla, iyi bilinen 23 kıyaslama fonksiyonu üzerinde kapsamlı deneysel analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz bulguları, AFDB yönteminin GWO'ya entegre edilmesiyle birlikte erken yakınsama probleminin büyük ölçüde giderildiğini göstermiştir. Ayrıca, önerilen AFDBGWO algoritması, gerçek hayat problemlerinden ekonomik dağıtım problemine de uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, önerilen algoritmanın optimizasyon problemlerinde yüksek doğruluk, güçlü çeşitlilik ve dengeli arama yetenekleri sergilediğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Bozkurt Optimizasyonu (GWO) Algoritması, Adaptif Uygunluk-Mesafe Dengesi Seçim Yöntemi (AFDB), Metasezgisel Optimizasyon, Keşif ve Sömürü

1. GİRİŞ

Metasezgisel algoritma (MSA)'lar, karmaşık optimizasyon problemlerine yaklaşık çözümler sunmak için tasarlanmış, genellikle doğadan esinlenen hesaplama yöntemleridir (Yang & Deb, 2014). Bu algoritmalar, doğadan ilham alarak geliştirilmiş olup arama alanında hem yerel hem de küresel optimumlara ulaşmayı hedefleyen esnek çözüm mekanizmalarına sahiptir (Yang & Deb, 2014). Parçacık Sürü Optimizasyonu, Yapay Arı Kolonisi, Tavlama Benzetimi ve Ateşböceği Algoritması gibi çeşitli metasezgisel yöntemler, arama sürecinde sömürü ve keşif dengesi kurarak yüksek kaliteli çözümler sunabilmektedir (Fister ve ark., 2013; Saremi ve ark., 2017). Özellikle mühendislik tasarımı, enerji sistemleri, görüntü işleme ve makine öğrenmesi gibi disiplinlerde metasezgisel algoritmaların uygulanabilirliği ve başarı düzeyi oldukça yüksektir (Karaboga & Akay, 2011; Mirjalili, 2015). Parametrik esnekliği, adaptif yapıları ve diğer optimizasyon teknikleriyle birlikte kullanılabilir oluşları bu algoritmaları sürekli gelişen ve genişleyen bir araştırma alanı haline getirmiştir (Rao ve ark., 2020).

MSA'lar optimizasyon problemlerini çözmede etkili sonuçlar vermelerine rağmen, literatüre her geçen gün yeni ve geliştirilmiş MSA'lar eklenmektedir. Bu yeni algoritmaların temel hedefi, arama sürecinde keşif ve sömürü arasında dengeli bir yapı kurmak ve çözüm uzayında daha fazla çeşitlilik sağlamaktır. Keşif süreci, aday çözümler için arama alanında farklı sonuçlara ulaşma ve mevcut en iyi değeri değiştirme yetisi olarak tanımlanır. Sömürü ise, umut vadeden bölgelerde daha kaliteli çözümler bulmak veya mevcut çözümleri iyileştirmek amacıyla yürütülen yerel arama faaliyetlerini ifade etmektedir (Duman, 2018). Çok boyutlu ve karmaşık arama alanlarında birçok alternatif konumun değerlendirilmesi gerektiğinden, bu çeşitliliği sağlamak önemli bir zorluktur. Bu tür problemlerde, arama sürecini yönlendirecek referans konumların doğru biçimde seçilmesi, küresel optimum çözüme ulaşmak açısından kritiktir. Bu nedenle, arama sürecinde Adaptif Fitness-Distance Balance (AFDB) adlı seçim yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır (Aras ve ark., 2020; Kahraman ve ark., 2019). AFDB yaklaşımı, her bir çözüm adayının uygunluk değeri ile en iyi çözümlere olan uzaklığı dikkate alınarak bir skor hesaplamasına dayanır. Uygunluk değeri, adayın çözüm başarısını yansıtırken; mesafe değeri, adaylar arasındaki farkları ortaya koyar. Arama sürecinin başarılı olabilmesi için, seçilen adayların hem uygunluk hem de mesafe değerlerinin yüksek olması beklenmektedir (Duman ve ark., 2022; Hınıslioğlu ve ark., 2024).

Doğa temelli MSA'lar arasında son yıllarda dikkat çeken yöntemlerden birisi olan Bozkurt Optimizasyon Algoritması, 2014 yılında Mirjalili ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir (Mirjalili ve ark., 2014). Bu algoritma, gri kurtların sosyal hiyerarşisi ve avlanma stratejilerinden ilham alınarak tasarlanmıştır. Alfa, beta, delta ve omega olmak üzere dört sosyal liderlik seviyesine dayanan bu yapı, çözüm arama sürecinde küresel ve yerel arama dengesini etkin bir şekilde sağlamayı amaçlar. Avı kuşatma, avı takip etme ve ava saldırı gibi davranışlar, optimizasyon sürecinde farklı yönlerde çözüm uzayının taranması şeklinde modellenmiştir. GWO, özellikle sürekli ve ayrık optimizasyon problemlerinde yüksek başarı göstermiştir. Buna ek olarak hem sade yapısı hem de güçlü arama kabiliyeti ile diğer popüler optimizasyon algoritmalarına ciddi bir alternatif olmaktadır.

Bu çalışmada, Bozkurt Optimizasyon Algoritmasının (GWO) arama performansının iyileştirilmesi üzerine kapsamlı bir deneysel çalışma sunulmaktadır. GWO, yerel optimumlara takılma riski, yavaş yakınsama hızı, zayıf yerel arama yeteneği, yüksek boyutlu problemlerde performans kaybı gibi ciddi problemleri içerisinde barındırmaktadır. Burada yüksek boyutlu ve karmaşık arama uzaylarında global çözüme yakınsamak için etkili bir çeşitlilik sağlanması gereklidir. Bundan dolayı, GWO'nun çeşitlilik kabiliyeti geliştirilmeli ve etkili bir sömürü-keşif dengesi kurulması gereklidir. AFDB bu noktada, GWO'nun çözüm uzayında çeşitliliği artırmak ve sömürü ile keşif arasındaki dengeyi sağlamak için etkili bir çözüm önerisi olarak sunulmaktadır. Benzetim çalışmasında, geliştirilen AFDBGWO algoritmasının klasik GWO ile karşılaştırılmasının yapılabilmesi için 23 farklı kıyaslama fonksiyonu kullanılmıştır. Ayrıca daha detaylı bir analiz için (Mirjalili ve ark., 2014)'de yer alan Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) (Kennedy ve Eberhart, 2002), Yerçekimsel Arama Algoritması (GSA) (Rashedi ve ark., 2014), Diferansiyel Evrim (DE) (Storn ve Price, 1997), Hızlı Evrimsel Programlama (FEP) (Yao ve ark., 1999) algoritmaları da kullanılmıştır. Bunun yanı sıra geliştirilen AFDBGWO algoritmasının gerçek dünya optimizasyon problemlerindeki etkisini inceleyebilmek adına bir güç sistemi problemi olan Ekonomik Dağıtım (ED) probleminin çözümü gerçekleştirilmiş ve önerilen yöntem klasik GWO algoritması ile karşılaştırılmıştır. ED problemlerinde temel amaç maliyetleri minimize etmektir. Bu konuda yapılan çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Duman ve ark., 2010; Duman ve ark., 2014; Hınıslioğlu ve ark., 2019).

Buna göre makalenin geri kalan kısmı şu şekilde organize edilmiştir: Bölüm 2'de ED problemlerinin modellenmesi ve sistem kısıtlarının anlatılması, Bölüm 3'te geliştirilen AFDB-GWO algoritmasının yapısı, Bölüm 4'te deneysel sonuçlar ve son bölümde sonuç kısmına yer verilmektedir.

2. EKONOMİK DAĞITIM PROBLEMİ ve SİSTEM KISITLAMALARI

Güç sistemlerinde ekonomik verimliliğin sağlanması, enerji üretim maliyetlerinin minimize edilmesiyle doğrudan ilişkilidir (Duman ve ark., 2010; Duman ve ark., 2014; Hınıslioğlu ve ark., 2019). ED problemi, belirli bir yük talebini karşılamak üzere, talep gücün çeşitli kısıtlara bağlı olarak termik üretim noktalarına minimum maliyetle paylaştırılmasıdır. Güç sistemlerinde Valf-Nokta etkisi dahil edilen ED problemine ait amaç fonksiyonu ifadesi matematiksel olarak Denklem (2.1)'de verilmiştir:

$$\min F = \sum_{i=1}^{N_G} F_i P_i \quad (2.1)$$

burada F_i , generatör üniteleri için toplam yakıt maliyeti olup matematiksel olarak Denklem (2.2)'de verildiği gibidir:

$$F_i(P_i) = (a_i + b_i P_i + c_i P_i^2) + |e_i \sin(f_i(P_i - P_i^{\min}))| \quad (2.2)$$

burada, a_i , b_i ve c_i generatör i 'nin maliyet katsayılarıdır. Ayrıca, N_G generatör sayısını ifade etmektedir. Valf nokta etkisinden kaynaklanan maliyet katsayıları e_i ve f_i 'dir. P_i üretim noktasının ürettiği güç değeri olup üretim noktasına ait en düşük güç üretim kapasitesi $P_i^{\min}$ olarak tanımlanmıştır. Çalışmada kullanılan minimizasyon problemi Yük-Üretim

Dengesi, Gerçek Güç Üretim Kapasitesi ve Yasaklanmış Çalışma Bölgesi olmak üzere üç ayrı kısıt içermektedir. P_i güç dengesi kısıtlamalarına tabidir ve Denklem (2.3)'te verildiği şekilde ifade edilmektedir:

$$\sum_{i=1}^N P_i = P_d + P_l \quad (2.3)$$

burada, P_d ve P_l sırasıyla toplam yük talebini ve toplam güç kaybını ifade etmektedir. Sistemde güç kaybı ifadesi şu şekildedir:

$$P_L = \sum_{i=1}^{N_G} \sum_{j=1}^{N_G} P_{Gi} B_{ij} P_{Gj} + \sum_{i=1}^{N_G} P_{Gi} B_{i0} B_{00} \quad (2.4)$$

burada B_{ij} , B_{i0} ve B_{00} değerleri iletim hatlarındaki kayıp katsayılarını ifade etmektedir.

Gerçek güç üretim kapasitesi şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$P_i^{\min} \leq P_i \leq P_i^{\max} \quad i=1,2,\dots,N \quad (2.5)$$

burada ise $P_i^{\max}$ ve $P_i^{\min}$ değerleri sırayla i . üretim noktasına ait maksimum ve minimum güç sınır değerleridir. Yasaklanmış çalışma bölgesi ise şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$P_i \in \left\{ \begin{array}{l} P_i^{\min} \leq P_i \leq P_{i,l}^l \\ P_{i,j-1}^u \leq P_i \leq P_{i,j}^l \\ P_{i,POZ_i}^u \leq P_i \leq P_i^{\max} \end{array} \right\} \quad j = 2,3,\dots,POZ_i \quad (2.6)$$

burada $P_{i,POZ,i}^u$ ve $P_{i,j}^l$ sırasıyla j . yasaklı çalışma bölgesine ait alt ve üst sınır değerlerini ifade etmektedir. Ayrıca yapılan çalışmada diğer kayıplar ihmal edilmiştir.

3. ADAPTİF UYGUNLUK MESAFE DENGESİ TABANLI BOZKURT OPTİMİZASYONU ALGORİTİMASI

3.1. Bozkurt Optimizasyonu Algoritması

Bozkurt Optimizasyonu Algoritması (GWO), doğada yer alan bozkurtların liderlik hiyerarşisi ve avlanma mekanizmasından esinlenilerek sunulan bir metasezgisel arama algoritmasıdır (Mirjalili ve ark., 2014). Bozkurtlar çoğunlukla 5-12 kişilik gruplardan oluşan, sürü halinde yaşayan ve besin zincirinin en üst kısmında yer alan yırtıcı canlılar olarak kabul edilir. GWO'da liderlik hiyerarşisi alfa (α), beta (β), delta (δ) ve omega (ω) olmak üzere dört farklı bozkurt türü ile modellenmektedir. Bu modellemeye göre, α liderlik hiyerarşisinde en üst seviyede bozkurt olup, β ise α bozkurttan sonra lider olabilecek muhtemel en iyi adaydır. Hiyerarşik sırada α ve β bozkurtlardan sonra δ bozkurt gelirken, en düşük seviyede ise ω bozkurt yer almaktadır. Bozkurtların liderlik hiyerarşisine ek olarak, grup halinde avlanmaları da bir diğer sosyal davranışlarıdır. GWO'da av arama (keşif), avı kuşatma ve ava saldırma (sömürü) olmak üzere üç ana avlanma adımı uygulanır. (Mirjalili ve ark., 2014; Liu ve ark., 2021). GWO algoritmasında avlanma (optimizasyon) α , β ve δ tarafından yönlendirilirken; ω bozkurt ise bu üç bozkurdu takip eder (Mirjalili ve ark., 2014).

3.1.1. Av Arama

Bozkurtların avı kuşatma davranışını matematiksel olarak modellemek için aşağıda yer alan denklemler önerilmiştir:

$$\vec{D} = \left| \vec{C} \cdot \vec{X}_p(t) - \vec{X}(t) \right| \quad (3.1)$$

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}_p(t) - \vec{A} \cdot \vec{D} \quad (3.2)$$

Bu denklemlerde yer alan D ifadesi bozkurt ile av arasındaki mesafe t ifadesi mevcut iterasyonu, $\vec{A}$ ve $\vec{C}$ katsayı vektörlerini, $\vec{X}_p$ avın konum vektörünü ve $\vec{X}$ bozkurt için konum vektörünü ifade eder. $\vec{A}$ ve $\vec{C}$ vektörleri aşağıda yer alan denklemlerdeki gibi hesaplanır:

$$\begin{aligned} \vec{A} &= 2\vec{a} \cdot r_1 - \vec{a} \\ \vec{C} &= 2 \cdot \vec{r}_2 \\ a &= 2(1 - t / T) \end{aligned} \quad (3.3)$$

Denklem (3.3)'te yer alan r_1 ve r_2 ifadeleri $[0,1]$ aralığında rastgele değerler olup, a $[2,0]$ aralığında doğrusal olarak azalan yakınsama faktörü ve T ise maksimum iterasyon sayısıdır. Buna göre, A değeri $[-2,2]$ ve C değeri ise $[0,2]$ aralığında elde edilir.

3.1.2. Avı Kuşatma

Bozkurtların avlanma davranışlarını matematiksel olarak modellemek için alfa (en iyi aday çözüm), beta ve deltanın avın potansiyel konumu hakkında daha iyi bilgiye sahip olduğu varsayılır. Dolayısıyla, şimdiye kadar elde edilen en iyi ilk üç çözüm kaydedilir ve omegalar dahil diğer tüm arama ajanlarının konumlarını en iyi arama ajanlarının konumlarına göre güncellemeleri gerekir (Mirajili ve ark. 2014; Zhang ve ark., 2021). Bu bağlamda, Denklem (3.4) - (3.6) arasında yer alan formüller kullanılır:

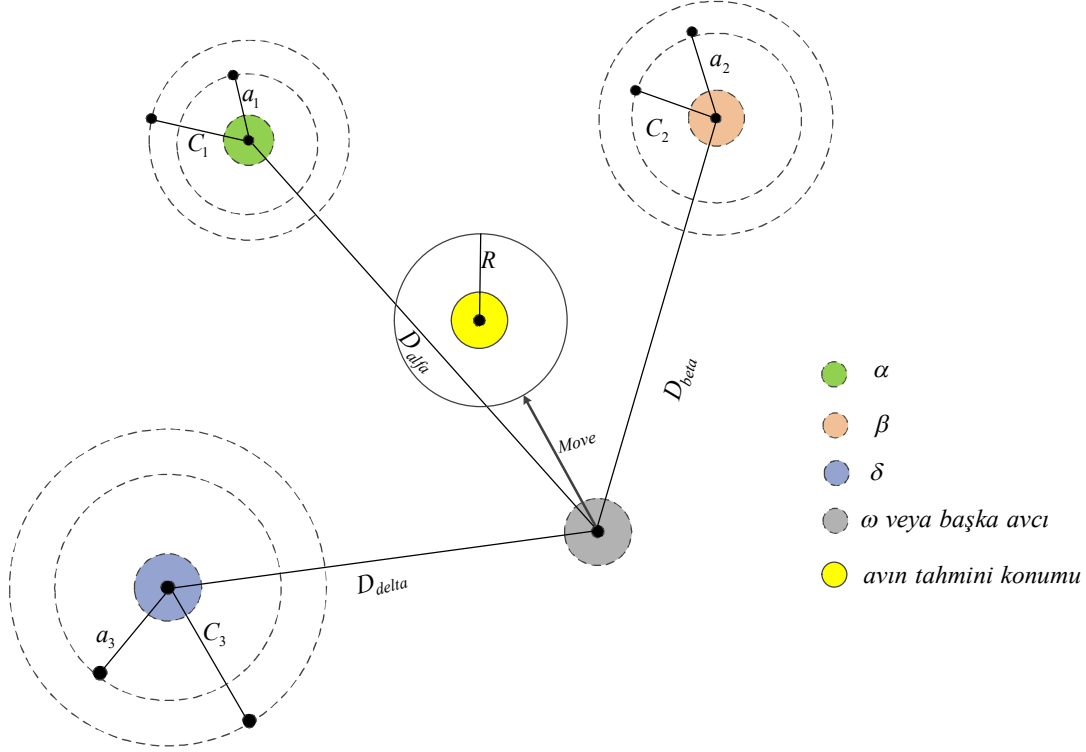
$$\begin{aligned} \vec{D}_\alpha &= \left| \vec{C}_1 \cdot \vec{X}_\alpha(t) - \vec{X}(t) \right| \\ \vec{D}_\beta &= \left| \vec{C}_2 \cdot \vec{X}_\beta(t) - \vec{X}(t) \right| \\ \vec{D}_\delta &= \left| \vec{C}_3 \cdot \vec{X}_\delta(t) - \vec{X}(t) \right| \end{aligned} \quad (3.4)$$

$$\begin{aligned} \vec{X}_1 &= \vec{X}_\alpha - \vec{A}_1 \cdot (\vec{D}_\alpha) \\ \vec{X}_2 &= \vec{X}_\beta - \vec{A}_2 \cdot (\vec{D}_\beta) \\ \vec{X}_3 &= \vec{X}_\delta - \vec{A}_3 \cdot (\vec{D}_\delta) \end{aligned} \quad (3.5)$$

$$\vec{X}(t+1) = \frac{\vec{X}_1 + \vec{X}_2 + \vec{X}_3}{3} \quad (3.6)$$

Yukarıdaki denklemlerde yer alan X_α , X_β ve X_δ ifadeleri α , β ve δ bozkurtların konumlarını belirtir. C_1 , C_2 ve C_3 rastgele vektörlerdir. Şekil 4, 2-boyutlu bir arama uzayında yer alan bir arama ajanının α , β ve δ 'ya göre konumunun güncellenmesini göstermektedir. Son konumun arama uzayındaki α , β ve δ konumları ile tanımlanan bir dairenin içindeki rastgele bir yerde olacağı varsayılmaktadır Başka bir ifadeyle α , β ve δ avın pozisyonunu tahmin

ederken, diğer kurtlar avın etrafındaki pozisyonlarını rastgele güncellerler (Mirajili ve ark. 2014; Zhang ve ark., 2021).



Şekil 4. GWO'da konum güncellemesi.

3.1.3. Ava Saldırma

Bozkurtların avlanma davranışına göre, av hareket etmeyi bıraktığında bozkurt sürüsü avına saldırır. GWO'nun matematiksel modellemesinde, bozkurtların avına yaklaşma durumu $\vec{a}$ değerinin azaltılması ile ifade edilir. Buna göre, $\vec{A}$, $[-2a, 2a]$ aralığındaki rastgele bir değerdir ve burada a , iterasyon süresince 2'den 0'a doğru azalır. $\vec{A}$ 'nın rastgele değerleri $[-1, 1]$ aralığında olduğunda, arama ajanının bir sonraki konumu, kendi geçerli konumu ile avın konumu arasındaki herhangi bir konumda olabilir. Bir başka ifadeyle, $|A| > 1$ olduğunda bozkurt avından uzaklaşır ve global bir arama gerçekleşir. $|A| \leq 1$ olduğunda ise bozkurt avına saldırır (Mirjalili ve ark., 2014; Liu ve ark., 2021).

3.2. Adaptif Uygunluk Mesafe Dengesi

FDB seçim yöntemi, Kahraman ve ark. (2020) tarafından metasezgisel arama algoritmalarının arama performansını artırmak için geliştirilen güçlü bir yöntemdir (Kahraman ve ark., 2020). FDB yönteminin amacı, popülasyondaki en iyi çözüm adayına en önemli şekilde katkıda bulunabilecek adayı belirlemektir. Bu yöntemde, popülasyonun en iyi çözüm adayına olan uzaklığı ve uygunluk değerleri dikkate alınır ve FDB puan değerini hesaplama adımları aşağıda yer alan denklemlere göre yapılır:

- Popülasyonda yer alan n adet çözüm adayının matematiksel ifadesi ve uygunluk değerleri Denklem (3.7)'de yer alan eşitlik ile ifade edilir:

$$P = \begin{bmatrix} p_1 \\ \vdots \\ p_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}_{n \times m}, \quad F = \begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix}_{n \times 1} \quad (3.7)$$

- i . çözüm adayının t . zamanda en iyi çözüm adayına (p_{best}) olan mesafesi Denklem (3.8)'e göre hesaplanır ve Denklem (3.9)'da bir mesafe vektörü olarak tanımlanır

$$\forall P_i, D_{Pi} = \sqrt{(p_{i[1]} - p_{best[1]})^2 + (p_{i[2]} - p_{best[2]})^2 + \dots + (p_{i[m]} - p_{best[m]})^2} \quad (3.8)$$

$$D_p = \begin{bmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_n \end{bmatrix}_{n \times 1} \quad (3.9)$$

- FDB seçim yönteminde puan hesaplaması Denklem (3.10)'da verilen formül kullanılarak hesaplanır ve çözüm adaylarının FDB puanları n boyutlu S_p vektörü olarak Denklem (3.11)'de gösterilmektedir:

$$S_{p[i]} = normF_{[i]} + normD_{p[i]}, i = 1, 2, \dots, NP \quad (3.10)$$

$$S_p = \begin{bmatrix} s_1 \\ \vdots \\ s_n \end{bmatrix}_{n \times 1} \quad (3.11)$$

Yukarıdaki eşitlikte yer alan $normF$ ve $normD$ ifadeleri sırasıyla $[0,1]$ aralığında normalize edilmiş uygunluk ve mesafe değerlerini gösterir.

AFDB yöntemi, metasezgisel arama algoritmalarında rehberlik mekanizmasının tasarımı için geliştirilmiştir. AFDB rehberlik seçim mekanizması, Uygunluk-Mesafe Dengesi (FDB) (Kahraman ve ark., 2020) yönteminin geliştirilmiş bir versiyonudur. AFDB seçim yönteminde, metasezgisel arama sürecinin keşif yeteneğini artırmak ve yerel çözüm tuzaklarını ortadan kaldırmak için adaptif bir geçiş mekanizması kullanılır. Bu adaptif geçiş mekanizması çeşitli sinyaller ve kaotik haritalarla tasarlanmaktadır. Maksimum ve mevcut uygunluk değerlendirme sayıları sırasıyla $maxFEs$ ve FEs ile ifade edilir. Bu değerler baz alınarak bir geçiş eşik değeri elde edilir ve elde edilen bu değer referans sinyalle karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonucunda istenilen durum sağlandığında rehber yöntem olarak FDB yöntemi uygulanır. Aksi durumda ise metasezgisel arama algoritmasının orijinal tasarımı rehber olarak kullanılır. AFDB yöntemi, klasik FDB yöntemiyle aynı puan hesaplamasını kullanır, ancak rehber seçim mekanizmasında bir fark vardır. Rehber, FDB yöntemi veya MHS algoritmasının orijinal tasarımı kullanılarak adaptif geçiş mekanizması ile popülasyondan seçilir (Özkaya ve ark., 2024).

3.3. Adaptif Uygunluk Mesafe Dengesi Tabanlı Bozkurt Optimizasyon Algoritması

AFDB yöntemi, GWO algoritmasında Denklem (3.5)'te yer alan alfa çözüm adayı ile oluşturulan X_1 bireyi için entegre edilmiştir. Klasik GWO algoritmasında omega bireyini

oluşturmak için Denklem (3.4)-(3.6) arasında yer alan denklemler kullanılmaktadır. Adaptif FDB yöntemi kullanılarak alfa bireyin oluşturulma yöntemi, Denklem (3.12)'deki formüle göre elde edilen eşik değeri sinyalinin (w), referans sinyale (w_{ref}) kıyası ile belirlenmektedir. Referans sinyali her jenerasyon için rastgele olarak $[0,1]$ aralığında üretilmektedir.

$$w = 1 - \left(\frac{FES}{\max FES} \right) \quad (3.12)$$

Elde edilen eşik değeri sinyali ile referans sinyal karşılaştırması sonucunda iki farklı koşul ortaya çıkmaktadır. Bu koşullar Denklem (3.13)'te verilmiştir.

$$\overline{X}_1 = \begin{cases} \overline{X}_\alpha - \overline{A}_1 \cdot (\overline{D}_\alpha), & w > w_{ref} \\ X_{FDB} & w \leq w_{ref} \end{cases} \quad (3.13)$$

Burada, X_{FDB} ifadesi FDB yöntemi ile belirlenen en iyi skora sahip bireyi temsil etmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, literatürde yer alan Bozkurt Optimizasyon (GWO) algoritması, Adaptif Uygunluk Mesafe Dengesi (AFDB) seçim yöntemi ile geliştirilerek AFDBGWO algoritması önerilmiştir. Önerilen bu algoritmanın etkinliğini ve verimliliğini göstermek amacıyla, literatürde sıkça kullanılan 23 kıyaslama fonksiyonu optimize edilmiştir. Kullanılan 23 kıyaslama fonksiyonu içerisinde F1-F7 fonksiyonları arası tek-modlu, F8-F13 fonksiyonları arası çok-modlu ve F14-F23 fonksiyonları arası da çok-modlu düşük boyutlu fonksiyon çeşitleri yer almaktadır (Mirjalili ve ark., 2014).

Tablo 1. Tek-modlu Test Fonksiyonları

Test Fonksiyonları	n	Aralık
$f_1(x) = \sum_{i=1}^n x_i^2$	30	[-100,100]
$f_2(x) = \sum_{i=1}^n x_i + \prod_{i=1}^n x_i$	30	[-10,10]
$f_3(x) = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^i x_j \right)^2$	30	[-100,100]
$f_4(x) = \max_i \{ x_i , 1 \leq i \leq n\}$	30	[-100,100]
$f_5(x) = \sum_{i=1}^{n-1} [100(x_{i+1} - x_i^2)^2 + (x_i - 1)^2]$	30	[-30,30]
$f_6(x) = \sum_{i=1}^n ([x_i + 0.5])^2$	30	[-100,100]
$f_7(x) = \sum_{i=1}^n ix_i^4 + random[0,1)$	30	[-1.28,1.28]

Kullanılan fonksiyonlara ait denklemler sırasıyla Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir. Farklı tipte fonksiyonların yer aldığı bu kıyaslama fonksiyonlarının çözümünden elde edilen sonuçlar GWO, PSO, GSA, DE ve FEP algoritmaları ile karşılaştırılmıştır. Kıyaslama fonksiyonlarının çözümünde maksimum iterasyon sayısı 1000 alınmış ve popülasyon sayısı her algoritma için 50 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, her bir fonksiyona ait değişken sayısı

tablolarda belirtilmiştir. Karşılaştırma işleminin adil olabilmesi adına her algoritma ile her fonksiyonun 30 bağımsız çözümü gerçekleştirilerek elde edilen sonuçlardan ortalama ve standart sapma değerleri karşılaştırma amacıyla kullanılmıştır.

Tablo 2. Çok-modlu Test Fonksiyonları

Test Fonksiyonları	n	Aralık
$f_8(x) = \sum_{i=1}^n -x_i \sin(\sqrt{ x_i })$	30	[-500, 100]
$f_9(x) = \sum_{i=1}^n [x_i^2 - 10 \cos(2\pi x_i) + 10]$	30	[-5.12, 5.12]
$f_{10}(x) = -20 \exp\left(-0.2 \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2}\right) - \exp\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \cos(2\pi x_i)\right) + 20 + e$	30	[-32, 32]
$f_{11}(x) = \frac{1}{4000} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \prod_{i=1}^n \cos\left(\frac{x_i}{\sqrt{i}}\right) + 1$	30	[-600, 600]
$f_{12}(x) = \frac{\pi}{n} \left\{ 10 \sin(\pi y_1) + \sum_{i=1}^{n-1} (y_i - 1)^2 [1 + 10 \sin^2(\pi y_{i+1})] + (y_n - 1)^2 \right\}$ $+ \sum_{i=1}^n u(x_i, 10, 100, 4)$ $y_i = 1 + \frac{x_i + 1}{4}, u(x_i, a, k, m) = \begin{cases} k(x_i - a)^m & x_i > a \\ 0 & -a < x_i < a \\ k(-x_i - a)^m & x_i < -a \end{cases}$	30	[-50, 50]
$f_{13}(x) = 0.1 \left\{ \sin^2(3\pi x_i) + \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - 1)^2 [1 + \sin^2(3\pi x_i + 1)]}{(x_n - 1)^2 [1 + \sin^2(2\pi x_n)]} \right\} + \sum_{i=1}^n u(x_i, 5, 100, 4)$	30	[-50, 50]

Tablo 3. Çok-modlu Düşük Boyutlu Test Fonksiyonları

Test Fonksiyonları	n	Aralık
$f_{14}(x) = \left(\frac{1}{500} \sum_{j=1}^{25} \frac{1}{j + \sum_{i=1}^2 (x_i - a_{ij})^6} \right)^{-1}$	2	[-65.536, 65.536]
$f_{15}(x) = \sum_{i=1}^{11} \left[a_i - \frac{x_1(b_i^2 + b_i x_2)}{b_i^2 + b_i x_3 + x_4} \right]^2$	4	[-5, 5]
$f_{16}(x) = 4x_1^2 - 2.1x_1^4 + \frac{1}{3}x_1^6 + x_1x_2 - 4x_2^2 + 4x_2^4$	2	[-5, 5]
$f_{17}(x) = \left(x_2 - \frac{5.1}{4\pi^2} x_1^2 + \frac{5}{\pi} x_1 - 6 \right)^2 + 10 \left(1 - \frac{1}{8\pi} \right) \cos x_1 + 10$	2	[-5, 10] × [0, 15]
$f_{18}(x) = \left[1 + (x_1 + x_2 + 1)^2 (19 - 14x_1 + 3x_1^2 - 14x_2 + 6x_1x_2 + 3x_2^2) \right] \times$ $\left[30 + (2x_1 - 3x_2)^2 \times (18 - 32x_1 + 12x_1^2 + 48x_2 - 36x_1x_2 + 27x_2^2) \right]$	2	[-2, 2]
$f_{19}(x) = -\sum_{i=1}^4 c_i \exp\left(-\sum_{j=1}^3 a_{ij} (x_j - p_{ij})^2\right)$	3	[0, 1]
$f_{20}(x) = -\sum_{i=1}^4 c_i \exp\left(-\sum_{j=1}^6 a_{ij} (x_j - p_{ij})^2\right)$	6	[0, 1]
$f_{21}(x) = -\sum_{i=1}^5 \left[(x - a_i)(x - a_i)^T + c_i \right]^{-1}$	4	[0, 10]

$f_{22}(x) = -\sum_{i=1}^7 [(x - a_i)(x - a_i)^T + c_i]^{-1}$	4	[0, 10]
$f_{23}(x) = -\sum_{i=1}^{10} [(x - a_i)(x - a_i)^T + c_i]^{-1}$	4	[0, 10]

Ayrıca, geliştirilmiş optimizasyon yönteminin gerçek hayat problemlerindeki performansını test etmek amacıyla literatürdeki ekonomik dağıtım problemi kullanılmıştır. Problem için 13 generatörlü ve 40 generatörlü sistemler olmak üzere iki ayrı test sistemi ele alınmıştır (Duman ve ark., 2014). Problemlerin çözümü için maksimum iterasyon sayısı yine 1000 kabul edilmiş ve popülasyon sayısı 50 olarak belirlenmiştir. Yine, algoritma üstünlüğünün daha net bir şekilde gösterilmesi amacıyla her test sistemi 30 bağımsız çalıştırma ile çözülmüştür.

4.1. Kıyaslama Fonksiyonları

Önerilen AFDBGWO algoritmasının etkinliğini ölçmek amacıyla, 23 kıyaslama fonksiyonu için optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar GWO (Mirjalili ve ark., 2014), PSO (Kennedy ve Eberhart, 2002), GSA (Rashedi ve ark., 2014), DE (Storn ve Price, 1997) ve FEP (Yao ve ark., 1999) algoritmaları ile karşılaştırılmıştır. Tablo 4’te, altı farklı optimizasyon algoritmasının 23 kıyaslama fonksiyonuna ait ortalama ve standart sapma (std) değerleri yer almaktadır.

Tablo 4. 23 kıyaslama fonksiyonu için algoritmalara ait ortalama ve standart sapma değerleri

	AFDBGWO		GWO		PSO		GSA		DE		FEP	
	mean	std	mean	std	mean	std	mean	std	mean	std	mean	std
F 1	2.641 E-36	1.781 E-33	6.590 E-28	6.340 E-05	1.360 E-04	2.020 E-04	2.530 E-16	9.670 E-17	8.200 E-14	5.900 E-14	5.700 E-04	1.300 E-04
F 2	3.482 E-21	1.503 E-19	7.180 E-17	2.901 E-02	4.214 E-02	4.542 E-02	5.566 E-02	1.941 E-01	1.500 E-09	9.900 E-10	8.100 E-03	7.700 E-04
F 3	2.517 E-11	7.957 E-07	3.290 E-06	7.915 E+01	7.013 E+01	2.212 E+01	8.965 E+02	3.190 E+02	6.800 E-11	7.400 E-11	1.600 E-02	1.400 E-02
F 4	2.960 E-10	3.902 E-09	5.610 E-07	1.315 E+00	1.086 E+00	3.170 E-01	7.355 E+00	1.741 E+00	0.000 E+00	0.000 E+00	3.000 E-01	5.000 E-01
F 5	2.614 E+01	2.874 E+01	2.681 E+01	6.990 E+01	9.672 E+01	6.012 E+01	6.754 E+01	6.223 E+01	0.000 E+00	0.000 E+00	5.060 E+00	5.870 E+00
F 6	7.082 E-01	2.240 E+00	8.166 E-01	1.260 E-04	1.020 E-04	8.280 E-05	2.500 E-16	1.740 E-16	0.000 E+00	0.000 E+00	0.000 E+00	0.000 E+00
F 7	3.272 E-04	3.351 E-03	2.213 E-03	1.003 E-01	1.229 E-01	4.496 E-02	8.944 E-02	4.339 E-02	4.630 E-03	1.200 E-03	1.415 E-01	3.522 E-01
F 8	- 6.882 E+03	- 2.814 E+03	- 6.123 E+03	- 4.087 E+03	- 4.841 E+03	1.153 E+03	- 2.821 E+03	4.930 E+02	- 1.108 E+04	5.747 E+02	- 1.255 E+04	5.260 E+01

F 9	0.000 E+00	2.225 E+00	3.105 E-01	4.736 E+01	4.670 E+01	1.163 E+01	2.597 E+01	7.470 E+00	6.920 E+01	3.880 E+01	4.600 E-02	1.200 E-02
F 1 0	2.576 E-14	3.997 E-14	1.060 E-13	7.784 E-02	2.760 E-01	5.090 E-01	6.209 E-02	2.363 E-01	9.700 E-08	4.200 E-08	1.800 E-02	2.100 E-03
F 1 1	0.000 E+00	1.318 E-02	4.485 E-03	6.659 E-03	9.215 E-03	7.724 E-03	2.770 E+01	5.040 E+00	0.000 E+00	0.000 E+00	1.600 E-02	2.200 E-02
F 1 2	2.623 E-02	1.429 E-01	5.344 E-02	2.073 E-02	6.917 E-03	2.630 E-02	1.800 E+00	9.511 E-01	7.900 E-15	8.000 E-15	9.200 E-06	3.600 E-06
F 1 3	4.266 E-01	1.378 E+00	6.545 E-01	4.474 E-03	6.675 E-03	8.907 E-03	8.899 E+00	7.126 E+00	5.100 E-14	4.800 E-14	1.600 E-04	7.300 E-05
F 1 4	9.980 E-01	1.267 E+01	4.042 E+00	4.253 E+00	3.627 E+00	2.561 E+00	5.860 E+00	3.831 E+00	9.980 E-01	3.300 E-16	1.220 E+00	5.600 E-01
F 1 5	3.079 E-04	2.036 E-02	3.370 E-04	6.250 E-04	5.770 E-04	2.220 E-04	3.673 E-03	1.647 E-03	4.500 E-14	3.300 E-04	5.000 E-04	3.200 E-04
F 1 6	- 1.032 E+00	- 1.032 E+00	- 1.032 E+00	- 1.032 E+00	- 1.032 E+00	6.250 E-16	- 1.032 E+00	4.880 E-16	- 1.032 E+00	3.100 E-13	- 1.030 E+00	4.900 E-07
F 1 7	3.979 E-01	3.984 E-01	3.979 E-01	3.979 E-01	3.979 E-01	0.000 E+00	3.979 E-01	0.000 E+00	3.979 E-01	9.900 E-09	3.980 E-01	1.500 E-07
F 1 8	3.000 E+00	8.400 E+01	3.000 E+00	3.000 E+00	3.000 E+00	1.330 E-15	3.000 E+00	4.170 E-15	3.000 E+00	2.000 E-15	3.020 E+00	1.100 E-01
F 1 9	- 3.863 E+00	- 3.855 E+00	- 3.863 E+00	- 3.863 E+00	- 3.863 E+00	2.580 E-15	- 3.863 E+00	2.290 E-15	N/A	N/A	- 3.860 E+00	1.400 E-05
F 2 0	- 3.322 E+00	- 3.034 E+00	- 3.287 E+00	- 3.251 E+00	- 3.266 E+00	6.052 E-02	- 3.318 E+00	2.308 E-02	N/A	N/A	- 3.270 E+00	5.900 E-02
F 2 1	- 1.015 E+01	- 2.630 E+00	- 1.015 E+01	- 9.140 E+00	- 6.865 E+00	3.020 E+00	- 5.955 E+00	3.737 E+00	- 1.015 E+01	2.500 E-06	- 5.520 E+00	1.590 E+00
F 2 2	- 1.040 E+01	- 5.088 E+00	- 1.040 E+01	- 8.584 E+00	- 8.457 E+00	3.087 E+00	- 9.684 E+00	2.014 E+00	- 1.040 E+01	3.900 E-07	- 5.530 E+00	2.120 E+00

F	-	-	-	-	-	1.783	-	2.600	-	1.900	-	3.140
2	1.054	2.422	1.053	8.559	9.953	E+00	1.054	E-15	1.054	E-07	6.570	E+00
3	E+01	E+00	E+01	E+00	E+00		E+01		E+01		E+00	

Verilere bakıldığında, AFDBGWO algoritması birçok fonksiyon için en düşük ortalama değerleri elde etmiştir ve bu da genel olarak güçlü bir performans sergilediğini göstermektedir. Örneğin, F1 fonksiyonunda, AFDBGWO'nun ortalaması **2.641E-36** olup, bu değer en yakın rakibi GWO algoritmasının **6.590E-28**'luk ortalama değerinden önemli ölçüde daha düşüktür. Bu da F1 kıyaslama fonksiyonu için, AFDBGWO'yu en iyi performans gösteren algoritma yapmaktadır. Benzer şekilde, F2, F3, F7, F9, F10, F11, F14, F20, F21, F22 ve F23 fonksiyonları için de diğer algoritmalarla oranla daha iyi sonuçlar verdiği sonucuna varılabilir.

Her bir fonksiyona ait algoritmaların sıralamaları Tablo 5'te yer almaktadır. Tablodaki veriler incelendiğinde, önerilen AFDBGWO algoritmasının **1.696** sıralama değeri ile sırasıyla 2.826, 4.043, 4.087, 2.130 ve 4.130 değerlerine sahip GWO, PSO, GSA, DE ve FEP algoritmalarından çok daha iyi skor değerine sahip olduğu gözlemlenmektedir. Yine benzer olarak, önerilen AFDBGWO algoritmasının karşılaştırılan diğer algoritmalarla göre kazanma, kaybetme ve beraberlik skor değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Bu tabloda yer alan bilgilere göre, geliştirilen AFDBGWO algoritmasının temel GWO algoritmasına oranla kazanma, kaybetme ve beraberlik skor değerleri sırasıyla 17, 0 ve 6 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, geliştirilen algoritma en yakın skor değeri olarak DE algoritmasına kıyasla 8 kez kazanmış, 7 kez kaybetmiş ve 8 kez berabere kalmıştır. Sonuç olarak, önerilen algoritmanın skor değerlerine göre en iyi algoritma olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Tablo 5. 23 kıyaslama fonksiyonu için algoritmalara ait sıralama değerleri

	FEP	DE	GSA	PSO	GWO	AFDBG WO		FEP	DE	GSA	PSO	GWO	AFDBG WO
F1	6	4	3	5	2	1	F14	3	2	6	4	5	1
F2	4	3	6	5	2	1	F15	4	1	6	5	3	2
F3	4	1	6	5	3	1	F16	6	1	1	1	1	1
F4	4	1	6	5	3	2	F17	6	1	1	1	5	1
F5	2	1	5	6	4	3	F18	6	1	1	1	5	1
F6	1	1	3	4	6	5	F19	5	6	1	1	4	1
F7	6	3	4	5	2	1	F20	4	6	2	5	3	1
F8	1	2	6	5	3	4	F21	6	1	5	4	3	1
F9	2	6	4	5	3	1	F22	6	1	4	5	3	1
F10	4	3	5	6	2	1	F23	6	1	1	5	4	1
F11	5	1	6	4	3	2	Ort.	4.130	2.130	4.087	4.043	2.826	1.696
F12	2	1	6	3	5	4	Ort.	6	2	5	4	3	1
F13	2	1	6	3	5	4	Sıralama	6	2	5	4	3	1

Tablo 6. AFDBGWO'nun diğer algoritmalarla karşı kazanma(+), kaybetme(-) ve beraberlik(=) değerleri

		GWO	PSO	GSA	DE	FEP
AFDBGWO	+	17	16	17	8	18
	-	0	3	1	7	5
	=	6	4	5	8	0

4.2. Ekonomik Dağıtım Problemi

4.2.1. Durum 1

Bu durumda, 13 generatörlü ekonomik dağıtım problemi GWO ve önerilen AFDBGWO algoritmaları ile çözümlenmiş ve elde edilen minimum, ortalama, maksimum ve standart sapma değerleri Tablo 7'de verilmiştir. Bu durum için güç kayıpları göz önünde bulundurularak optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Problem çözümünde yer alan maliyet katsayıları ve güç kaybına ait katsayılar Mirjalili ve ark. (2014)'te yer almaktadır. Tabloda yer alan değerler incelendiğinde, AFDBGWO algoritmasının hem minimum hem de ortalama değer açısından GWO algoritmasına üstün geldiği görülmektedir. Ayrıca, her iki algoritmanın minimum uygunluk değerlerine karşılık gelen değişken değerleri, güç kayıp değerleri ve toplam maliyet değerleri Tablo 8'de yer almaktadır.

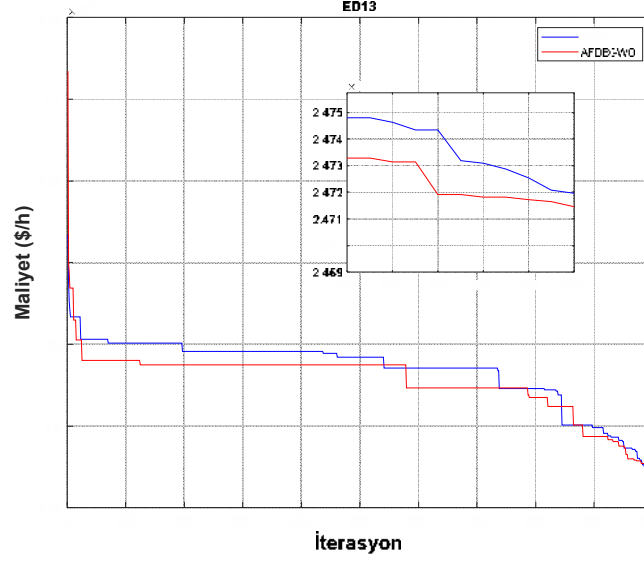
Tablo 7. Durum 1 ve Durum 2 için AFDBGWO ve GWO algoritmalarına ait analiz değerleri

		Minimum	Ortalama	Maksimum	Standart Sapma
Durum 1 ED13	GWO	24719.73	24947.68	25224.32	138.5531
	AFDBGWO	24714.62	24924.99	25175.32	108.4291
Durum 2 ED40	GWO	123191.39	124130.93	126175.39	563.9666
	AFDBGWO	122750.13	122988.20	123291.46	127.9925

Tablo 8. Durum 1 için AFDBGWO ve GWO algoritmalarına ait değişken ve maliyet değerleri

	Min	Maks	GWO	AFDBGWO		Min	Maks	GWO	AFDBGWO
P1	0	680	628.2525	628.2335	P9	60	180	159.4593	159.6348
P2	0	360	359.8787	359.9691	P10	40	120	114.4793	77.4665
P3	0	360	299.0386	298.3894	P11	40	120	114.6523	115.1270
P4	60	180	109.0195	159.5377	P12	55	120	91.4437	90.9276
P5	60	180	159.7160	159.5580	P13	55	120	55.1096	87.1717
P6	60	180	159.5486	159.6883	Güç Kaybı (MW)			50.0558	44.7270
P7	60	180	159.7484	159.6338	Toplam Maliyet (\$/h)			24719.73	24714.62
P8	60	180	159.7043	109.4058					

Durum 1 için her iki algoritma ile elde edilen minimum değere ait yakınsama eğrileri Şekil 1’de sunulmuştur. Şekle göre, algoritmalar birbirlerine paralel doğrultuda ilerlemiş olmalarına rağmen son iterasyonlara yaklaştıkça önerilen AFDBGWO algoritmasının kırılım gerçekleştirerek daha iyi sonuca ulaştığı sonucuna varılabilir.



Şekil 1. Durum 1 için GWO ve AFDBGWO algoritmalarına ait yakınsama eğrileri

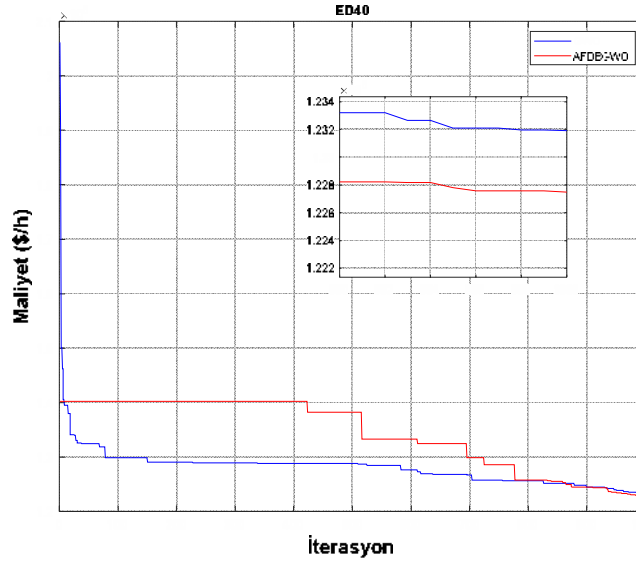
4.2.2. Durum 2

Bu durumda, GWO ve önerilen AFDBGWO algoritmaları kullanılarak 40 generatörlü ekonomik dağıtım problemi için optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon işlemi sonucunda elde edilen minimum, ortalama, maksimum ve standart sapma verileri Tablo 7’de yer almaktadır. Problem çözümünde yer alan maliyet katsayıları Mirjalili ve ark. (2014)’te yer almaktadır. Bu durum için güç kayıpları ihmal edilerek optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 9. Durum 2 için AFDBGWO ve GWO algoritmalarına ait değişken ve maliyet değerleri

	Min	Maks	GWO	AFDBGWO		Min	Maks	GWO	AFDBGWO
P1	36	114	111.2558	110.1797	P22	254	550	526.1433	541.0048
P2	36	114	50.6465	108.0191	P23	254	550	527.1964	523.7035
P3	60	120	110.0683	116.3730	P24	254	550	528.2630	523.3048
P4	80	190	182.5383	178.4527	P25	254	550	522.6964	524.2956
P5	47	97	92.9970	92.1916	P26	254	550	525.7885	533.8155
P6	68	140	139.2321	137.6815	P27	10	150	15.2693	14.8064
P7	110	300	300.0000	276.3245	P28	10	150	22.6225	12.3731
P8	135	300	289.3890	286.4226	P29	10	150	10.9175	19.6120
P9	135	300	295.6140	292.2417	P30	47	97	85.9762	88.6656
P10	130	300	208.0222	132.7230	P31	60	190	178.2768	186.7056
P11	94	375	168.0282	98.3313	P32	60	190	175.2848	166.3224

P12	94	375	96.4133	169.6824	P33	60	190	162.4905	188.1301
P13	125	500	304.5581	217.0218	P34	90	200	194.0480	165.2875
P14	125	500	305.1381	393.8821	P35	90	200	176.2140	193.9692
P15	125	500	393.7282	305.5599	P36	90	200	166.1907	171.9622
P16	125	500	305.8060	395.1860	P37	25	110	109.6131	88.5869
P17	220	500	491.2905	486.5726	P38	25	110	83.1084	88.7361
P18	220	500	492.5763	487.9037	P39	25	110	89.1340	89.1489
P19	242	550	509.8950	522.5000	P40	242	550	511.3797	521.8853
P20	242	550	512.5514	516.3141	Toplam Maliyet (\$/h)			123191.39	122750.13
P21	254	550	529.6179	534.1283					



Şekil 2. Durum 2 için GWO ve AFDBGWO algoritmalarına ait yakınsama eğrileri

Tabloda yer alan değerler incelendiğinde Durum 1'e benzer olarak, AFDBGWO algoritmasının hem minimum hem de ortalama değer açısından GWO algoritmasından çok daha etkili sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Her iki algoritmanın minimum uygunluk değerlerine karşılık gelen değişken değerleri ve toplam maliyet değerleri Tablo 9'da yer almaktadır. Durum 2 için, önerilen AFDBGWO algoritması ve GWO algoritmasına ait yakınsama eğrileri Şekil 2'de verilmektedir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Bozkurt Optimizasyon (GWO) algoritmasının yerel optimumlara takılma riski, yüksek boyutlu problemlerde performans kaybı gibi önemli sorunları içerisinde barındırdığı için AFDB(Adaptive Fitness Distance Balance) ile geliştirilerek bu sorunların en aza indirgenmesi sağlanmıştır. Geliştirilen bu yeni AFDBGWO algoritmasının etkisi, 23 iyi bilinen kıyaslama fonksiyonu ve Ekonomik Dağıtım probleminin çözümü ile incelenmiştir. Elde edilen deneysel sonuçların klasik GWO algoritmasından elde edilen sonuçlar ile detaylı bir şekilde karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırmanın diğer algoritmalarla da desteklenmesi

için PSO, GSA, DE, FEP algoritmaları da kullanılmıştır. Yapılan benzetim çalışmalarına göre AFDBGWO algoritmasının klasik GWO ve diğer algoritmalara göre çok daha iyi bir performansa sahip olduğu görülmüştür.

6. KAYNAKÇA

Aras, S., Gedikli, E., & Kahraman, H. T. (2020). A novel stochastic fractal search algorithm with fitness-Distance balance for global numerical optimization. *Swarm and Evolutionary Computation*, 61, 100821.

Duman, S. (2018). A modified moth swarm algorithm based on an arithmetic crossover for constrained optimization and optimal power flow problems. *IEEE Access*, 6, 45394–45416.

Duman, S., Güvenç, U. ve Yörükeren, N. (2010). Gravitational Search Algorithm for Economic Dispatch with Valve-Point Effects. *International Review of Electrical Engineering (I.R.E.E.)*, 5(6), 2890–2895.

Duman, S., Kahraman, H. T., & Kati, M. (2022). Economical operation of modern power grids incorporating uncertainties of renewable energy sources and load demand using the adaptive fitness-distance balance-based stochastic fractal search algorithm. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 117, 105501.

Duman, S., Yörükeren, N., & Altas, I. H. (2014). A novel modified hybrid PSOGSA based on fuzzy logic for non-convex economic dispatch problem with valve-point effect. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 64, 121–135.

Fister, I., Yang, X. S., Fister, D., & Brest, J. (2013). Memetic artificial bee colony algorithm for large-scale global optimization. *Soft Computing*, 17(8), 1427–1449.

Hınıslioğlu, Y., Kaymaz, E., & Güvenç, U. (2019). Ekonomik yük dağıtım problemi için kaotik güve sürü algoritmasıyla çözümü. *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi (Bahar)*, 1838–1845.

Hınıslioğlu, Y., Kaymaz, E., & Güvenç, U. (2024). Fitness Distance Balance Based Kepler Optimization Algorithm. In Hemanth, D.J., Kose, U., Patrut, B., & Ersoy, M. (Eds.), *Innovative Methods in Computer Science and Computational Applications in the Era of Industry 5.0. ICAIAME 2023. Engineering Cyber-Physical Systems and Critical Infrastructures (Vol. 10)*. Springer, Cham.

Kahraman, H. T., Aras, S., & Gedikli, E. (2019). Fitness-distance balance (FDB): A new selection method for meta-heuristic search algorithms. *Knowledge-Based Systems*, 190, 105169.

Karaboga, D., & Akay, B. (2011). A modified Artificial Bee Colony (ABC) algorithm for constrained optimization problems. *Applied Soft Computing*, 11(3), 3021–3031.

Kennedy, J., & Eberhart, R. (2002). Particle swarm optimization. In *Proceedings of ICNN'95 - International Conference on Neural Networks (Vol. 4, pp. 1942–1948)*.

- Liu, J., Wei, X., & Huang, H. (2021). An improved grey wolf optimization algorithm and its application in path planning. *IEEE Access*, 9, 121944–121956.
- Mirjalili, S. (2015). The Ant Lion Optimizer. *Advances in Engineering Software*, 83, 80–98.
- Mirjalili, S., Mirjalili, S. M., & Lewis, A. (2014). Grey Wolf Optimizer. *Advances in Engineering Software*, 69, 46–61.
- Ozkaya, B., Duman, S., Kahraman, H. T., & Guvenc, U. (2024). Optimal solution of the combined heat and power economic dispatch problem by adaptive fitness-distance balance based artificial rabbits optimization algorithm. *Expert Systems with Applications*, 238, 122272.
- Rao, R. S., Savsani, V. J., & Vakharia, D. P. (2020). Teaching–learning-based optimization: An optimization method for continuous non-linear large scale problems. *Information Sciences*, 183, 1–15.
- Rashedi, E., Nezamabadi-Pour, H., & Saryazdi, S. (2009). GSA: a gravitational search Algorithm. *Information Sciences*, 179(13), 2232–2248.
- Saremi, S., Mirjalili, S., & Lewis, A. (2017). Grasshopper optimization algorithm: Theory and application. *Advances in Engineering Software*, 105, 30–47.
- Storn, R., & Price, K. (1997). Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic for global Optimization over Continuous Spaces. *Journal of Global Optimization*, 11(4), 341–359.
- Yang, X. S., & Deb, S. (2014). Cuckoo search: Recent advances and applications. *Neural Computing and Applications*, 24(1), 169–174.
- Yao, N. X., Liu, N. Y., & Lin, N. G. (1999). Evolutionary programming made faster. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 3(2), 82–102.
- Zhang, W., Zhang, S., Wu, F., & Wang, Y. (2021). Path planning of UAV based on improved adaptive grey wolf optimization algorithm. *IEEE Access*, 9, 89400–89411.

ABSTRACT

This paper presents the Adaptive Fitness Distance Balance (AFDB) based GWO algorithm (AFDBGWO), which is an improved version of the Grey Wolf Optimization (GWO) algorithm inspired by the social and hunting behavior of natural wolf packs. In order to solve the problems of premature convergence and imbalanced search that are commonly encountered in metaheuristic search algorithms, the leadership hierarchy and fighter-approximation mechanisms of GWO are restructured with the AFDB principle. By taking into account both the fitness values and the spatial distances of the solution candidates in the solution space, the AFDB method makes the search agent selection process more efficient and adaptive. Thus, exploration and exploitation capabilities are balanced during the optimization process. In order to test the performance of the proposed AFDBGWO algorithm, extensive experimental analysis

has been performed on 23 well-known benchmark functions. The findings of the analysis show that the early convergence problem is largely eliminated by integrating the AFDB method into the GWO. In addition, the proposed AFDBGWO algorithm is also applied to the economic dispatch problem, a real-life problem. The obtained results revealed that the proposed algorithm exhibits high accuracy, strong diversity and balanced search capabilities in optimization problems.

Key words: Grey Wolf Optimizer(GWO) Algorithm, Adaptive Fitness Distance Balance(AFDB), Metaheuristic optimization, Exploitation and Exploration

**BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI İLE SPOR ALANINDA YAPILMIŞ BİLİMSEL
YAYINLARIN BİBLİYOMETRİK ANALİZİ: WOS TABANLI TEMATİK BİR
İNCELEME**

**BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS IN THE FIELD OF
SPORTS USING THE FUZZY LOGIC APPROACH: A THEMATIC REVIEW BASED
ON THE WEB OF SCIENCE (WOS)**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537747>

Selahattin AKPINAR¹

selahattinakpinar@duzce.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-1676-4465

Hande BABA KAYA¹

handebabakaya@duzce.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-9281-2588

Recep Mehmet GÖRÜNÜ¹

recepmehtetgorunu@duzce.edu.tr

ORCID ID: 0009-0006-1427-0820

Öznur AKPINAR²

oznurvarolakpinar@gmail.com

ORCID ID: 0000-0003-0812-3534

¹ *Düzce Üniversitesi*

² *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi*

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, bulanık mantık yöntemlerinin spor bilimleri alanında nasıl kullanıldığını incelemek ve bu alandaki eğilimleri ortaya koymak amacıyla Web of Science (WOS) veri tabanında indekslenen akademik yayınları bibliyometrik açıdan analiz etmektir. Çalışma, bulanık mantık ve spor temalarını kesişim noktasında ele alarak disiplinlerarası etkileşimi değerlendirmeyi hedeflemektedir. Araştırmada, 2021-2024 yılları arasında WOS kapsamındaki dergilerde yayımlanmış ve “bulanık mantık” ile “spor” anahtar kelimeleri doğrultusunda elde edilen toplam 63 akademik yayın incelenmiştir. Yayınlar içerik analizi yöntemiyle tematik olarak sınıflandırılmış ve aşağıdaki başlıca kategoriler altında toplanmıştır: spor yetenek seçimi (6 yayın), video sahnesi işleme (4 yayın), algı ölçümü (tarafat/spor merkezi üyesi) (4 yayın), sporcu modellemesi (5 yayın), hareket ve antrenman esnası analizler (4 yayın), motorlu-elektrikli araçlar (10 yayın), spor giyimi (1 yayın), egzersiz programları (1 yayın), tesis verimliliği (2 yayın), futbol takımı performans değerlendirme (2 yayın), spor ekipman ve yardımcı malzeme kullanımı (3 yayın), müfredat değerlendirme (4 yayın), spor hekimliği ve yaralanmalar (8 yayın), spor becerilerinin değerlendirilmesi (1 yayın), beslenme

programı (1 yayın), sađlık programı deđerlendirme (1 yayın), bilet fiyatlandırma (2 yayın) ve tahminleme-modelleme (4 yayın). Elde edilen bulgular, bulanık mantığın spor bilimleri alanında çok yönlü ve artan bir ilgiyle kullanıldığını göstermektedir. Özellikle motorlu-elektrikli spor araçları, spor hekimliği ve sporcu seçimi gibi alanlarda yoğunlaşan yayınlar, teknolojik gelişmelerle birlikte disiplinlerarası araştırmaların önem kazandığını ortaya koymaktadır. Bu çalışma, spor bilimlerinde bulanık mantık uygulamalarının mevcut durumunu ortaya koymakla kalmayıp, gelecekte yapılacak araştırmalara da yol gösterici bir kaynak niteliğindedir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Spor, Bibliyometrik Analiz, Tematik

ABSTRACT

The aim of this study is to examine how fuzzy logic methods are used in the field of sports sciences and to reveal the trends in this area by conducting a bibliometric analysis of academic publications indexed in the Web of Science (WOS) database. The study focuses on the intersection of fuzzy logic and sports themes, aiming to evaluate interdisciplinary interaction. The research analyzed a total of 63 academic publications published between 2021 and 2024 in journals covered by WOS, obtained using the keywords "fuzzy logic" and "sports." The publications were thematically classified through content analysis and grouped under the following main categories: sports talent selection (6 publications), video scene processing (4), perception measurement (fan/sports center member) (4), athlete modeling (5), movement and training analysis (4), motor-electric vehicles (10), sportswear (1), exercise programs (1), facility efficiency (2), football team performance evaluation (2), use of sports equipment and auxiliary materials (3), curriculum evaluation (4), sports medicine and injuries (8), assessment of sports skills (1), nutrition programs (1), health program evaluation (1), ticket pricing (2), and prediction-modeling (4). The findings show that fuzzy logic is being used in the field of sports sciences in a versatile and increasingly popular manner. The concentration of publications especially in areas such as motor-electric sports vehicles, sports medicine, and athlete selection highlights the growing importance of interdisciplinary research along with technological advancements. This study not only reveals the current state of fuzzy logic applications in sports sciences but also serves as a guiding resource for future research in the field.

Key words: Fuzzy Logic, Sports, Bibliometric Analysis, Thematic

FUZZY LOGIC APPROACH IN DETERMINING ATTACK PERFORMANCE VALUES OF FORWARD PLAYERS; FOOTBALL STUDY EXAMPLE

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537765>

Selahattin AKPINAR¹

selahattinakpinar@duzce.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-1676-4465

Hande BABA KAYA¹

handebabakaya@duzce.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-9281-2588

Mahmut İŞİKAN¹

mahmutisikan8@gmail.com

¹Duzce University

ABSTRACT

Football, a team sport that depends on the combination of physical, technical and tactical skill levels of athletes, is the most widespread and popular sport worldwide. A large part of the success of football teams on the field is their good offensive performance. The most important role in offensive performance is played by athletes in the forward position. In this context, performance reviews of players playing in the forward position include considering many different factors. There is no mathematical prediction model that will provide definitive evidence for the accuracy of performance analysis by bringing these different factors together. Fuzzy logic is a powerful method used to make predictions in systems with uncertain, ambiguous or complex data without the need for mathematical modeling. In this study, a fuzzy logic method is proposed for the offensive performance evaluation of forward players. For this purpose, statistical data on goals, assists, shots and shots on target are used. Therefore, the inputs of the fuzzy logic system are these four performance parameters, and the output value of the system gives the offensive performance value of the forward player. In addition, the fuzzy logic rule base was obtained by using expert opinions within the scope of this study. In the study, the offensive performance values of each player were estimated using the statistical data of goals, assists, shots and shots on target of 48 forward players of 19 football teams that participated in the 2021-2022 season of the Turkish First League. According to the results obtained, the forward players were ranked from high offensive performance to low offensive performance value.

Key words: Football, Forward, Attack, Performance, Fuzzy Logic

INTRODUCTION

Football is the most widespread and popular type of sport in the world. Football, a team sport, is a game in which two teams of 11 players compete to gain superiority over each other and the winner is determined by a goal (Lees and Nolan, 1998). Football is the sport that people watch and follow the most due to its wide playing field, large number of players and structure that requires struggle. In other words, it differs from other branches in terms of both physical and physiological characteristics, so when examining the performance of players, it would be the most accurate method to evaluate them according to the positions they play (Marancı and Müniroğlu, 2001). Models created on the performance evaluations of football players are based on detailed data collection and analysis of this data. For example; minutes played, assists made, accurate passes, goals scored, penalties missed, goals conceded, number of cards, ball saves and other information recorded during the whole match play a very important role in the selection of evaluation criteria (Gianluca and Roberto, 2013). In football teams, clubs always want coaches to create a winning squad and to help them do this, they try to provide the best player analysis method (Sałabun et al., 2020). Sports clubs employ many people who focus on many issues such as determining the best performances in competitions and evaluating the skills of players and are responsible for their analysis. However, many still have problems with the best formation and making the right evaluation (Carling et al., 2008; Watróbski, et al., 2019). Choosing players is important because it will affect the team's subsequent performance (Ahmed, Deb, & Jindal, 2013). Many factors are taken into account when choosing players, such as the regulations of the country where the team is located, the philosophy of the club, the competitions played, the type of game the coach plans to develop, contracts, financial resources, the performance of the players in their positions, and when all these are considered subjectively, player selection becomes quite complex (Pérez-Toledano et al., 2019). A team needs a minimum number of players and a squad that can train or perform throughout the season to compete. Not every player in the team performs the same role; players have their own unique performances that they need to show in their own positions. For example, a goalkeeper's performance is evaluated according to the percentage of ball saves or the number of goals conceded, while a striker's performance is evaluated according to the percentage of shots and assists he makes. This is another factor that complicates player selection. Because the functions of a team will be formed in the combination of the tasks to be performed according to the positions, and the competencies that allow analyzing the performances of the players in different positions are even more complicated since they are different (Peña, Hernandez, & Ochoa; 2015). In the Turkish Football Premier League, data such as goal percentage, assists, steals, shots, and accurate pass percentages make it possible to determine the best-classified teams at the end of the season. Each match during the season can be evaluated with different performance indicators that determine wins or losses. In this case, players

with offensive and defensive skills are needed to create a team roster suitable for the characteristics of professional competition. This study was designed to determine the best players playing in the forward position by evaluating the percentages of the results obtained from the performance charts kept according to the positions of the players during the season and to compare the ranking we created with a fuzzy logic-based approach with the best offensive player ranking published on the instant football site where the players' performance data were obtained. Fuzzy logic has proven to be a powerful tool for decision-making systems such as expert systems and pattern classification systems. In the fuzzy logic-based approach, information is coded as a premise-conclusion structure. When new data enters the system, each rule code is matched with a sentence expressing the antecedent, and the rules that exactly match the antecedent with a data are triggered and consequent sentences are established, this process continues until the desired result is reached (Zeng and Li, 2014). Fuzzy logic has become an important tool for dealing with uncertainty. For example, some concepts that cannot be defined precisely or do not have clear boundaries in time and space, such as the skills or performance of players in football, are considered fuzzy concepts. Fuzzy logic is also associated with the definition of fuzzy sets (Zadeh, 1965). Fuzzy sets have been applied to various areas such as decision making, pattern recognition, logic programming, fuzzy inference and fuzzy control (Bezdek, 1981; Wang and Yang, 2009). In this applied method, in the coding given in the definition of fuzzy sets, the membership of a member in the set is measured by the average of the membership function where the values are between 1 (full membership) and 0 (no membership) (Bazmara, Jafari and Pasand, 2013). When creating a football team, selecting and bringing together the players who will perform the best is an important issue for the success of the club, but this process becomes difficult and complicated due to incomplete and subjective evaluations. When analyzing the performance indexes of the players, there is no mathematical model used to rank the players according to the skills (pass, shot, save, etc.) that the athlete is expected to show in the positions he plays. The aim of this research is to solve the ranking problem with a fuzzy model. For this purpose, as a result of a ranking that continues as the best, second best and others according to the positions in a football team, the ranking of the forward players playing in the 2021-2022 Turkish Football First League will be proposed according to their performances. In the organization of this research, first, preliminary information will be prepared for cluster analysis in fuzzy logic and the application of fuzzy cluster analysis will be explained.

METHODS

In this study, the fuzzy logic method will be used in the evaluation of the offensive performance of football forward players. The method aims to evaluate the general performance of football players based on four main performance criteria. These criteria are statistical data of goals, assists, shots and shots on goal, each of which represents

different aspects of the individual game of the football players. The output value of the fuzzy logic system is to determine the offensive performance value of the forward player. Each input variable is normalized to be between 0 and 100. As shown in Figure 1, 3 triangular membership fuzzy sets are used for each input, and their definitions are expressed as Small(S), Medium(M) and Large(L).

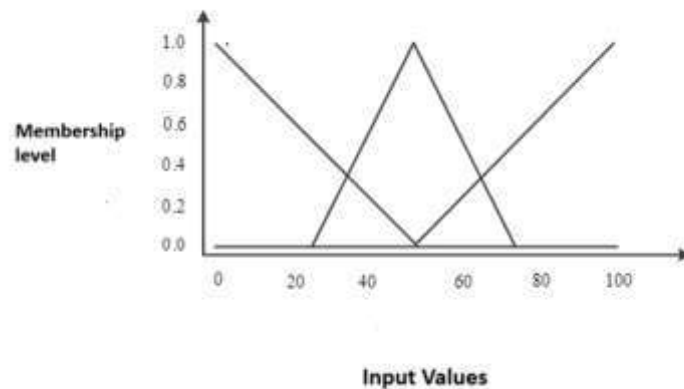


Figure 1: Three-Input Triangle; Member Input Functions

The output value of the forward player's offensive performance value is kept between 0 and 100, and 5 triangular membership fuzzy sets are used. As shown in Figure 2, the output fuzzy set triangular membership definitions are expressed as Very Small (VS), Small (S), Medium (M) and Large (L), Very Large (VL).

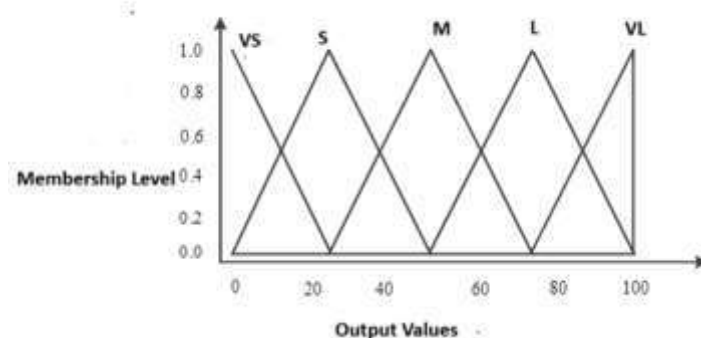


Figure 2. Five Input Triangle; Output Membership Functions

Within the scope of this study, the fuzzy logic rule base was obtained by using expert opinions. These rules were written in the format of "If ... and then ...", covering 4 inputs

and a single output. The rule table created for the system we designed is given in Table 1.

Table 1. Rule Base

X	X2	X3	X4	Y	X1	X2	X3	X4	Y	X1	X2	X3	X4	Y
1														
S	S	S	S	VS	M	S	S	S	S	L	S	S	S	S
S	S	S	M	S	M	S	S	M	S	L	S	S	M	M
S	S	S	L	S	M	S	S	L	M	L	S	S	L	M
S	S	M	S	S	M	S	M	S	S	L	S	M	S	M
S	S	M	M	S	M	S	M	M	M	L	S	M	M	M
S	S	M	L	M	M	S	M	L	M	L	S	M	L	L
S	S	L	S	S	M	S	L	S	M	L	S	L	S	M
S	S	L	M	M	M	S	L	M	M	L	S	L	M	L
S	S	L	L	M	M	S	L	L	L	L	S	L	L	L
S	M	S	S	S	M	M	S	S	S	L	M	S	S	M
S	M	S	M	S	M	M	S	M	M	L	M	S	M	M
S	M	S	L	M	M	M	S	L	M	L	M	S	L	L
S	M	M	S	S	M	M	M	S	M	L	M	M	S	M
S	M	M	M	M	M	M	M	M	M	L	M	M	M	L
S	M	M	L	M	M	M	M	L	L	L	M	M	L	L
S	M	L	S	M	M	M	L	S	M	L	M	L	S	L
S	M	L	M	M	M	M	L	M	L	L	M	L	M	L
S	M	L	L	L	M	M	L	L	L	L	M	L	L	VL
S	L	S	S	S	M	L	S	S	M	L	L	S	S	M
S	L	S	M	M	M	L	S	M	M	L	L	S	M	L
S	L	S	S	M	M	L	S	L	L	L	L	S	L	L
S	L	M	S	M	M	L	M	S	M	L	L	M	S	L
S	L	M	M	M	M	L	M	M	L	L	L	M	M	L
S	L	M	L	L	M	L	M	L	L	L	L	M	L	VL
S	L	L	S	M	M	L	L	S	L	L	L	L	S	L
S	L	L	M	L	M	L	L	M	L	L	L	L	L	VL
S	L	L	L	L	M	L	L	L	VL	L	L	L	L	VL

VS= Very Small; S=Small; M=Medium; L=Large; VL=Very Large

In the fuzzy inference system developed for the evaluation of football forward performance, the "Weighted Average" method was used to convert the outputs obtained as a result of the fuzzy rule table into a numerical value as a result of the defuzzification process (Elmas, Demirci & Güvenc, 2013). The reason for choosing this method is that it

is one of the most common and reliable techniques in fuzzy logic systems in the literature. The weighted average method produces a single value by calculating the center of gravity of the areas of membership degrees belonging to the output set, and this value is used as the output of the system. The Weighted Average method is defined as du with the following formula.

$$du = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i(du) du_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i(du)}$$

RESULTS

Simulation Results

In this study, statistical data on goals, assists, shots and shots on target of 48 forward players of 19 football teams in the 1st League of Turkey in the 2021-2022 season were used. These data were taken from the database of the InStat football page. The offensive performance value of each player was estimated by the fuzzy logic system using the goal, assist, shot and shot input data of the forward players. According to the results obtained, the forward players are presented in Table 2 according to the high offensive performance to low offensive performance value.

Table 2. Ranking of forward players according to best offensive performance using fuzzy logic approach.

Fuzzy Logic approach ranking	InStat database ranking	Offensive Performance value
1	4	91,77725607
2	1	75,36144548
3	5	72,34127929
4	11	67,4537494
5	19	50
6	2	49,99537635
7	25	47,08017349
8	6	62,21092082
9	7	63,6725485
10	21	71,41218668
11	10	63,26443828
12	9	50
13	8	57,68311718
14	3	32,80181025

15	24	29,78018882
16	32	37,8208767
17	20	36,22409182
18	16	34,90778295
19	17	17,97503582
20	28	49,54667058
21	26	41,86218415
22	14	31,0113048
23	12	26,01576558
24	27	32,98501678
25	37	16,74438411
26	30	19,54911146
27	23	27,30827924
28	35	38,51185634
29	40	31,05467601
30	29	13,48115029
31	13	9,023684658
32	18	39,64942141
33	22	17,97503582
34	33	28,97706585
35	41	24,28291471
36	43	8,036316825
37	47	25,33113367
38	45	26,47031403
39	31	24,05955347
40	38	8,323002383
41	46	17,99895893
42	42	18,67282414
43	36	25,2121711
44	34	22,01050958
45	48	13,48115029
46	15	23,24601192
47	39	25,22040681
48	44	8

When Table 2 is examined; In order to examine the offensive performances of the 1st League players in the 2021-2022 season of Turkey, the performances of “goals, assists, shots and shots on target” were recorded from the inStat database. This database shares

this information publicly online. The inStat database ranks the players according to their performance with an algorithm. From the data obtained from this database, the “goals, assists, shots and shots on target” values that are suitable for the scope of the study were recorded for each forward player. These parameters were used as the offensive scores of the forward players. The suitability of the parameters was approved by three sports experts with a common opinion. These parameters used were analyzed with the fuzzy logic approach within the scope of the study using the rule base created in line with expert opinions. As a result of the analyzes, 14 forward players who played in all teams during the season were ranked, starting from the forward players with the best offensive performance. This ranking was compared with the ranking given by the inStat database for the best forward players. In the ranking made according to the fuzzy logic approach, the player ranked 1st appears in the 4th place in the inStat ranking. Similarly, with the fuzzy logic method, the player ranked 2nd actually corresponds to the 1st player in the inStat data. It is seen that the ranking made with the fuzzy logic method differs significantly from the inStat ranking.

REFERENCES

- Ahmed F, Deb K, Jindal A. (2013). Multi-objective optimization and decision making approaches to cricket team selection. *Applied Soft Computing*.; 13(1):402–14.
- Bazmara, M., Jafari, S., & Pasand, F. (2013). Kaleci kalitesinin tanınması için bir Bulanık uzman sistem. *arXiv ön baskı arXiv:1309.6433* .
- Bezdek J. C., (1981). *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*, PlenumPress, New York, NY,USA.
- Carling, C.; Bloomfield, J.; Nelsen, L.; Reilly, T. (2008). The role of motion analysis in elite soccer. *Sport. Med.* 38, 839–862.
- Elmas, C., Demirci, R., & Güvenc, U. (2013). Fuzzy diffusion filter with extended neighborhood. *Expert Systems with Applications*, 40(3), 866-872.
- Gianluca Risalita – Roberto Verona, (2013). “Players’ Registration Rights in the Financial Statements of the Leading Italian Clubs: A Survey of Inter, Juventus, Lazio, Milan ve Roma”, *Accounting, Auditing and Accountability Journal*, Vol. 26, No. 1, s. 22.
- Lees A., Nolan L., (1998). “Biomechanics of Soccer - A Review” *Journal of Sports Sciences*.16.pp.211- 234.
- Marancı, B. ve Müniroğlu, S, (2001). “Futbol Kalecileri ile Diğer Mevkilerde Bulunan Oyuncuların Motorik Özellikleri, Reaksiyon Zamanları ve Vücut Yağ Yüzdelerinin Karşılaştırılması”, *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. (VI) 3 s:13-26.

Peña YR, Herna'ndez PN, Ochoa YF. (2015). La optimizacio'n evolutiva multi objetivo en la confeccio'n de equipos de desarrollo de software: una forma de lograr la calidad en el producto final. *Enfoque UTE*. 6(1):35–44.

Pérez-Toledano, M. Á., Rodriguez, FJ, García-Rubio, J. ve Ibañez, SJ (2019). Çok amaçlı evrimsel algoritmalar kullanılarak Performans Endeksi Derecelendirmesi aracılığıyla basketbol takımları için oyuncu seçimi. *PloS bir* , 14 (9), e0221258.

Sařabun, W., Shekhovtsov, A., Pamučar, D., Wařróbski, J., Kizielewicz, B., Więckowski, J., ... & Nyczaj, B. (2020). A fuzzy inference system for players evaluation in multi-player sports: The football study case. *Symmetry*, 12(12).

Wang N. and Yang, Y. P., (2009). "A fuzzy modeling method via EnhancedObjectiveCluster Analysis for designing TSKmodel," *Expert Systems with Applications*, vol. 36, no. 10, pp. 12375– 12382.

Watróbski, J.; Jankowski, J.; Ziemba, P.; Karczmarczyk, A.; Zioło, M. (2019). Generalised framework for multi-criteria method selection: Rule set database and exemplary decision support system implementation blueprints. *Data Brief*, 22, 639. [CrossRef]

Zadeh, L.A., (1965). Fuzzy sets. *Information and Control* 8, 338–353.

Zeng, W. ve Li, J. (2014). Bulanık mantık ve futbol takım sıralamasındaki uygulaması. *Bilimsel Dünya Dergisi* , 2014 .

ÖZET

Sporcuların fiziksel, teknik ve taktik beceri düzeylerinin kombinasyonuna baēlı bir takım sporu olan futbol dünya çapında en yaygın ve popüler spordur. Futbol takımlarının saha içerisinde gösterdiği başarının büyük bölümü iyi bir hücum performansı sergilemesidir. Hücum performansının en önemli rolünü forvet pozisyonunda görev alan sporcular üstlenmektedir. Bu kapsamda forvet pozisyonunda oynayan oyuncuların performans incelemeleri pek çok farklı faktörü dikkate almayı içerir. Bu farklı faktörleri bir araya getirerek performans analizinin doğruluēuna kesin kanıt oluřturacak matematiksel bir tahmin modeli bulunmamaktadır. Bulanık mantık kesin olmayan, belirsiz veya karmařık verilerin olduēu sistemlerde matematiksel modellemeye ihtiyaç duymadan tahmin yapmak için kullanılan güçlü bir yöntemdir. Bu çalışmada forvet oyuncularının hücum performans deēerlendirmesi için bulanık mantık yöntemi önerilmiřtir. Bu amaç doğrultusunda gol, asist, řut ve kaleyi bulan řut istatistiksel verileri kullanılmıřtır. Dolayısıyla bulanık mantık sisteminin giriřleri bu dört performans parametresi olup, sistemin çıkıř deēeri ise forvet oyuncusunun hücum performans deēerini

vermektedir. Ayrıca bu çalışma kapsamında bulanık mantık kural tabanı uzman görüşlerinden yararlanılarak elde edilmiştir. Çalışmada Türkiye 1. Lig 2021-2022 sezonunda yer almış 19 futbol takımının 48 forvet oyuncusunun gol, asist, şut ve kaleyi bulan şut istatistiksel verileri kullanılarak her bir oyuncunun hücum performans değerleri tahminlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre forvet oyuncuları yüksek hücum performansından düşük hücum performans değerine göre sıralanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Futbol, Forvet, Hücum, Performans, Bulanık Mantık

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SMART CONTROL PLATFORMS FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537785>

Orkhan ISMAYILOV

ismayilov8958@gmail.com

ORCID ID: 0009-0009-0921-7875

Azerbaijan State Oil and Industry University

Abstract

This article presents the results of a study on the design and implementation of intelligent management platforms in the railway sector, which is part of critical infrastructure. Within the research framework, algorithms have been developed to ensure safe and effective management for key components of the railway sector, including signaling systems, switches, and other field objects. The proposed approach involves real-time data processing and decision-making processes. The article also addresses the issue of formal modeling of management systems, and network-based mathematical models are applied for this purpose. The developed algorithms have been tested under real system conditions, and the reliability of the results has been confirmed. The proposed solutions enable a higher level of transport safety and automation of management.

Keywords: Railway automation, field objects, control algorithms, formal modeling, safety systems, SCADA(supervisory control and data acquisition)

Introduction

Railway systems are an important part of the national transport infrastructure, and their uninterrupted, safe and flexible operation plays a crucial role in domestic and international freight and passenger transportation. The more complex and intensive operation of modern railway networks, as well as the increase in passenger and freight transportation volumes, highlight the need for new, more efficient and safer approaches to managing field facilities(Vanit-Anunchai, 2014).

Currently, old relay-type interlocking and signaling systems, based mainly on electro-mechanical principles, are widely used in railway infrastructure management. Although these systems are reliable, they have difficulty adapting to dynamic changes in real time, increasing demands and modern safety standards, since they have a mainly static and local structure(Swedish National Rail Administration, 2005). Also, the diagnostics and repair of these systems require more time and resources than modern systems, which negatively affects the overall operational efficiency. The limitations of these systems are also evident during safety inspections (Cappart et al., 2016).

For these reasons, there is a great need for modern technological solutions, especially approaches based on mathematical models, that can provide criteria such as high flexibility, formality, reliability and verifiability in the management process(Iliasov et al., 2021). The formal modeling approach proposed in this study aims to provide higher flexibility, security and scalable structure in the management of railway field facilities, as well as to facilitate diagnostic and repair processes.

In order to ensure the efficient operation of the algorithms developed within the framework of the study, programmable logic controllers (PLCs) manufactured by HIMA, which meet high safety requirements, were used (Amey, 2023). The reliability, durability and modern safety functions of HIMA PLCs make them an ideal choice for application in critical infrastructure areas such as railways (HIMA Paul Hildebrandt GmbH, 2021). The developed algorithms were described through functional models and simulated in real systems and applied in the HIMA PLC environment. This approach aims to eliminate the shortcomings of existing relay-based systems by significantly increasing not only technical efficiency, but also operational safety.

Proposed approaches and algorithms

Within the framework of the research, special algorithms were developed for intelligent and reliable control of railway field objects - signal lamps, rail crossings, route designation systems and safety elements. This approach is not limited to ensuring technical functionality, but also ensures real-time decision-making, system flexibility and operational response in critical situations.

The proposed methodology is based on mathematical modeling with a formalized and verifiable structure. Separate control blocks are defined for each component of the system, mutual relationships are established between these blocks and their synchronous operation is ensured. Algorithms written for each field object implement automatic decision-making in accordance with the sequence of events based on the principle of event-driven control. Below are presented these algorithms and their main features:

1. Signal Control Algorithm - This algorithm provides automatic switching of signals according to the train's trajectory. The goal is to ensure the safety of movement and minimize human intervention. Working principle:

- The position of the train is determined by sensors;
- When the train enters the signal zone, the system automatically selects the “green”, “yellow” or “red” signal mode;
- If there is a malfunction or another train in the movement zone, the red signal is activated.

2. Switch point Control Algorithm - This algorithm, designed for automatic switch point control, determines and changes the switch point status based on the route information system. Main stages:

- The future trajectory of the train is analyzed by route blocks;
- The current position of the switch point is checked;
- If the required state is not met, the switch is changed;
- The validation mechanism checks whether the switch point was changed successfully.

3. Route Assignment Algorithm - This algorithm is designed to prevent collisions and signal conflicts when multiple trains are being operated simultaneously. Functional logic:

- Real-time position and destination routes of all trains in the system are determined;
- Routes are selected by priorities and zones;
- Signals and crossings are updated according to the routes.

4. Field Facility Diagnostics - The status of all field facilities is regularly checked through the diagnostic algorithm integrated into the system and information about malfunctions is transmitted to the operator. Features:

- The response time of the objects is measured with test signals;
- A warning is given in case of deviation from the normal mode;
- It is recorded in the fault log integrated into the SCADA system.

Each of these algorithms has been tested in a test environment and integrated with real systems. The results show that the proposed approach is both secure and effective in terms of operational decision-making.

Formal modelling and Simulation

In order to ensure the functionality of the developed algorithms and compliance with safety requirements, the behavior of the control system was investigated using formal modeling methods. Formal modeling allows for an accurate description of the state transitions of the system, the sequence of events, and resource management. As part of the study, a network model was built in a graph-based structure for the main functional components of the railway control system. In this model, each field object (signal, switch, waypoint, etc.) is represented as an individual functional block, and the connection relationships between these blocks are determined.

Main features of the model:

- States (e.g. "signal green", "crossing right", "route active") are defined as "nodes" in the model;
- Events (train movement, crossing change, etc.) are covered by transition functions;
- Additional safety conditions are integrated into the model (e.g. two trains cannot be in the same zone);
- Each change in the model is tracked in the form of a state transition.

A special software environment was created for simulation and various scenarios were tested in this environment:

- Single train operation – sequential change of signals and crossings;
- Multiple train mode – collision-free routing;
- Failure scenarios – system behavior when signals and crossings do not respond;
- Delays and timing coordination – response mechanism in case signals do not change in time.

Integration and application in a real system

The developed algorithms were thoroughly tested not only with theoretical models, but also in test platforms and SCADA systems close to the real environment and integrated with them. For this purpose, various operating modes were simulated, the interaction of field objects and the behavior of the system in possible emergency situations were analyzed. The simulation results showed that the developed algorithms can make correct decisions on train movement, signal changes and crossing management by operating in real time with stability, flexibility and high reliability.

One of the main objectives of the study was to investigate the possibilities of applying the created control approach to real railway infrastructure, evaluate its operability in practical conditions and reveal its comparative advantages with existing systems. In this context, the proposed solutions, in addition to ensuring the organization of visual control and monitoring through SCADA platforms,

also created conditions for maintaining operator intervention at a minimum level and automating processes.

In addition, the algorithms were designed to meet high security requirements and tested in operating modes in accordance with international standards. This has increased the system's resilience not only to internal but also to external risks and has created a basis for its large-scale application. These results confirm that the proposed approach is a reliable technological basis for integration into real infrastructure. Testing Environment and Technical Tools: A system consisting of the following components was developed for integration:

- Control of field objects via PLC (Programmable Logic Controller);
- Control and visualization of the state of objects in the SCADA system (on the Zenon platform);
- Test panel – a physical model equipped with switch and signal models;
- Real-time monitoring and fault log functions.

Application Scenarios: The system was applied across various scenarios and the following results were observed:

- Route planning and activation – automatic adaptation of switches and signals along the route specified by the user was successfully implemented.
- Fault detection and response – automatic warning and blocking functions were activated in cases where switches and signals did not respond within the expected time.
- Operator intervention and system control – situations were monitored via the SCADA interface, algorithms were analyzed, and manual intervention cases were analyzed.

Conclusion

This article presents an intelligent control approach based on mathematical foundations and formal modeling for the management of field objects of railway infrastructure - switches, signals, signal lamps and other safety devices. The proposed approach enables the preliminary modeling and analysis of system states, ensuring the construction of algorithms with high reliability and verifiability. This allows for real-time decision-making at any stage of the control process, adaptation of the system to dynamic changes and increased safety.

The algorithms developed within the framework of the research were tested on safe programmable logic controllers manufactured by HIMA, and the simulation results confirmed their functional efficiency and operational reliability. This approach forms a scalable and flexible control platform suitable for modern railway infrastructure, supporting integration with SCADA systems, multi-level safety checks and remote control.

The results show that the proposed model not only overcomes the limitations of existing relay-based systems, but can also serve as a reliable basis for the digitalization and automation of railway systems in the future. In addition, this approach can be applied to other critical infrastructure sectors such as energy, oil and gas, and air transport, and can form the basis for broader technological transformations.

References

1. Amey. (2023). PLC technology in a rail environment. Amey News. <https://www.amey.co.uk/media/news/2023/march/plc-technology-in-a-rail-environment/>
2. Cappart, Q., Limbree, C., Schaus, P., Quilbeuf, J., Traonouez, L.-M., & Legay, A. (2016). Verification of interlocking systems using statistical model checking. arXiv preprint arXiv:1605.02529. <https://arxiv.org/abs/1605.02529>
3. Iliasov, A., Taylor, D., Laibinis, L., & Romanovsky, A. (2021). Industrial-Strength Verification of Solid State Interlocking Programs. arXiv preprint arXiv:2108.10091. <https://arxiv.org/abs/2108.10091>
4. Liu, Y. (2023). Use PLC to Implement Land Based Railway Track Fixed Block Signaling Control. LinkedIn.
5. Swedish National Rail Administration. (2005). Using Formal Methods for Quality Assurance of Interlocking Systems. DiVA Portal. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1434754/FULLTEXT01.pdf>
6. Vanit-Anunchai, S. (2014). Experience using Coloured Petri Nets to Model Railway Interlocking Tables. arXiv preprint arXiv:1407.3891. <https://arxiv.org/abs/1407.3891>

Xülasə

Bu məqalədə kritik infrastruktura aid olan dəmiryolu sahəsində ağıllı idarəetmə platformalarının layihələndirilməsi və tətbiqi üzrə aparılmış tədqiqatın nəticələri təqdim olunur. Tədqiqat çərçivəsində dəmiryolu sahəsinin mühüm komponentləri – signal sistemləri, keçidlər və digər sahə obyektləri – üçün təhlükəsiz və effektiv idarəetməni təmin edən alqoritmlər hazırlanmışdır. Təklif olunan yanaşma real vaxt rejimində məlumatların emalı və qərar qəbulətmə proseslərini əhatə edir. Məqalədə həmçinin idarəetmə sistemlərinin formal modelləşdirilməsi məsələsinə toxunulur və bu məqsədlə şəbəkə əsaslı riyazi modellər tətbiq olunur. Hazırlanmış alqoritmlər real sistem şəraitində sınaqdan keçirilmiş və nəticələrin etibarlılığı təsdiqlənmişdir. Təklif edilən həllər nəqliyyat təhlükəsizliyinin və idarəetmənin avtomatlaşdırılmasının daha yüksək səviyyədə təmin olunmasına imkan yaradır.

Açar sözlər: Dəmiryolunun avtomatlaşdırılması, sahə obyektləri, idarəetmə alqoritmləri, formal modelləşdirmə, təhlükəsizlik sistemləri, SCADA (nəzarət və məlumatların toplanması)

Аннотация

В данной статье представлены результаты исследования по разработке и внедрению интеллектуальных платформ управления в железнодорожном секторе, относящиеся к критической инфраструктуре. В рамках исследования были разработаны алгоритмы, обеспечивающие безопасное и эффективное управление ключевыми компонентами железнодорожного сектора, включая системы сигнализации, стрелочные переводы и другие полевые объекты. Предлагаемый подход включает обработку данных в режиме реального времени и процессы принятия решений. В статье также затрагивается вопрос формального моделирования систем управления, и с этой целью применяются сетевые математические модели. Разработанные алгоритмы были протестированы в условиях реальной системы, и была подтверждена надежность результатов. Предложенные решения позволяют обеспечить более высокий уровень транспортной безопасности и автоматизации управления.

Ключевые слова: Железнодорожная автоматизация, полевые объекты, алгоритмы управления, формальное моделирование, системы безопасности, SCADA (диспетчерское управление и сбор данных)

A FUZZY APPROACH TO DATA PREDICTION IN QMS

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537791>

Aynur Jabiyeva

Orcid id-0000-0002-0336-8586

Azerbaijan State Oil and Industry University Azerbaijan State Oil and Industry University

Bakhshali Bakhtiyarov

Orcid id - 0009-0006-2172-4632

Mahabbat Khudaverdiyeva

Orcid id - 0000-0002-5090-4628

Azerbaijan State Oil and Industry University

Zümrüd Nağıyeva

ID: 000-0003-9903-6221

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Abstract. This study addresses the challenge of identifying and analyzing nonconformities (NCs) in Quality Management Systems (QMS) and proposes a fuzzy inference engine (FE) for NC classification and data prediction, using a multi-stage quality control approach. The research focuses on two main objectives: classifying NCs through risk analysis principles and establishing priority levels for corrective actions. The FE is aligned with the core principles of the ISO 9001:2015 standard, particularly in relation to risk assessment and NC evaluation. The proposed methodology was tested on a mechanical component assembly line, where various NCs were identified and categorized using multiple attributes. The classification integrates risk analysis through Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis (FMECA), and introduces a Risk Criticality Index (RCI) to assess NC severity and predict corrective action priorities.

Keywords: FMECA; fuzzy inference engine; ISO 9001; quality management; data

Xülasə. Bu tədqiqat Keyfiyyət İdarəetmə Sistemlərində (KİS) uyğun olmayan halların (UOH) müəyyən edilməsi və təhlili məsələsinə toxunur və çox mərhələli keyfiyyət nəzarəti yanaşması ilə UOH-ların təsnifatı və məlumat proqnozlaşdırılması üçün qeyri-səlis məntiq mühərriki (QSMM) təklif edir. Tədqiqat iki əsas məqsədə yönəlir: UOH-ların risk təhlili prinsipləri ilə təsnifatı və düzəldici tədbirlərin prioritet səviyyələrinin müəyyən edilməsi. QSMM, xüsusilə risk qiymətləndirməsi və UOH qiymətləndirilməsi ilə əlaqəli olaraq, ISO 9001:2015 standartının əsas prinsipləri ilə uyğunlaşdırılıb. Təklif olunan metodologiya mexaniki komponentlərin montaj xəttində sınaqdan keçirilib, burada müxtəlif UOH-lar müəyyən edilib və bir neçə atributa əsaslanaraq kateqoriyalara ayrılıb. Təsnifat, Uğursuzluq Modu, Təsirlər və Kritiklik Təhlili vasitəsilə risk təhlilini birləşdirir və UOH-ın şiddətini qiymətləndirmək və düzəldici tədbirlərin prioritetlərini proqnozlaşdırmaq üçün Risk Kritiklik İndeksi təqdim edir.

Açar sözlər: FMECA; qeyri-səlis məntiq; ISO 9001; keyfiyyət idarəetməsi; verilənlər.

Аннотация. Данное исследование посвящено проблеме выявления и анализа несоответствий (НС) в системах управления качеством (СУК) и предлагает использование двигателя нечеткой логики (НЛ) для классификации НС и прогнозирования данных с использованием многоступенчатого подхода контроля качества. Исследование сосредоточено на двух основных целях: классификации НС с

использованием принципов анализа рисков и установлении уровней приоритетности для корректирующих действий. НЛ согласована с основными принципами стандарта ISO 9001:2015, особенно в отношении оценки рисков и оценки НС. Предложенная методология была протестирована на сборочной линии механических компонентов, где различные НС были выявлены и классифицированы с использованием нескольких атрибутов. Классификация включает анализ рисков с помощью анализа видов отказов, последствий и критичности (FMECA) и вводит Индекс Рискowej Критичности (IRC) для оценки серьезности НС и прогнозирования приоритетов корректирующих действий.

Ключевые слова: FMECA; двигатель нечеткой логики; ISO 9001; управление качеством; данные.

1. Introduction

Most organizations experience ongoing development of their Quality management (QM) policies which focus on essential quality matters because quality stands as a crucial market success factor globally [1]. Research conducted widely about QM practices extends throughout numerous industrial sectors while managers together with academics identify quality as the basic factor driving industrial firm competitiveness [2]. Various research works precede the current investigation which established a clear link between product quality and company success along with measuring competitive outcomes from manufacturing quality practices. The author states that product quality emerges from manufacturing resources which comprise people as well as processes and materials and equipment [3]. Different empirical assessments prove that organizations achieve significant performance enhancement through the implementation of QM practices.

Organizations need to put priority on QMS risk analysis integration which supports essential requirements in ISO 9001:2015 standard for selecting proper interventions towards quality challenges [4]. This research track supports QM discussions by trying to build an innovative NC evaluation method which uses organizational elements along with customer insights. The research adds FMECA analysis methods alongside fuzzy inference engines to QMS for performing in-depth assessment of nonconformities and their subsequent corrective action prioritization [5].

2. Literature view

Six Sigma has become a strategic quality management (QM) approach for statistical process improvement which focuses on optimizing methodology [6]. Total Quality Management (TQM) functions as a complete QM philosophy which integrates diverse operational practices that include process enhancement and customer requirement satisfaction through rework reduction and competitive benchmarking and team-driven problem-solving [7]. Four essential components emerge from TQM research about how it affects quality conformance and customer satisfaction which enable its successful deployment within businesses according to research findings. The term quality conformance directly relates to NCs where inspection mistakes or production faults may emerge in any stage of manufacturing.

Fuzzy Set Theory serves as an efficient method to evaluate NC characteristics because it functions as an approved mathematical approach to process diverse forms of uncertain and subjective data. Fuzzy logic has increased its adoption rate as a quality control approach for manufacturing systems during the last few years [8]. Research studies have used fuzzy techniques to control essential quality parameters and evaluate product quality and reduce manufacturing process variations while improving specification limits for quality control purposes.

A fuzzy model uses its fuzzy engine (FE) to execute its inference process following pre-established fuzzy rules and specified conditions [9]. Human reasoning depends on linguistic terms rather than numerical values according to fuzzy theory and it provides effective methods to model fuzzy sets.

Quality management (QM) practitioners use fuzzy methodologies across different domains for their extensive applications in multiple fields. The quality function deployment (QFD) field uses fuzzy logic to model customer needs together with the engineering design features and key attributes [10]. The development of an intelligent food QM system enables optimal quality control operation selection and recommendation for storage condition choices. Fuzzy logic serves as an integral part of expert systems for estimating how carbon dioxide affects laser cutting performance.

The established quality management method FMEA uses fuzzy techniques for product and process design assessment followed by FMECA as its expanded version [11]. Using fuzzy sets in quality management systems enables the discovery of obscure process variable relationships through fuzzy association rules which improves control decision processes.

3. Design of system

The study took place within this setting with two main research targets. The evaluation of NC criticality serves to establish control systems for managing process outputs as the first essential aim. Assessment of different quality factors that impact NC criticality and identification of leading factors represents the second research objective. The research completes these objectives through a QA evaluation which connects resource management to critical factors while adopting the firm and customer perspectives.

Each nonconformity receives a criticality measurement using a [1–100] scale system. Five quality managers identified the criticality of 14 different NC types through a survey evaluation [1 to 5]. The survey results for the seven most common nonconformities appear in Table 1.

Table 1. Criticality survey results

NC	1	2	3	4	5
Packaging cap not present	20	20	15	25	20
Hydraulic leak	40	50	60	40	50
Not fastened screw(s)	65	65	60	60	50
Corteco coupling error	75	70	65	75	80
Defective valve	60	65	60	60	55

Gasket fastening	80	75	70	80	90
Scratches	20	15	20	25	25

Researchers established inferential rules within the fuzzy engine through analysis of the study results which connected the fuzzy values of Probability (P) Consequence (C) and Gravity (G) to a criticality index (CI) using rules that indicate criticality levels for different NC types [12]. The CI measurement consisted of the average results obtained from five auditor assessments.

The measurement system analysis followed AIAG standards to study reproducibility which signifies the measurement divergence between different assessors' involvement. The "between-appraisers variation" (AV) received its calculation from the standard deviation of reproducibility-related variations through this process:

Let:

The i^{th} assessor provides X_i as average CI measurement.

The series of all X_i mean values equals X_{diff} .

Then, AV is calculated as:

$$AV = X_{\text{diff}} \times K_2$$

where K_2 is a constant. For five appraisers, $K_2 = 0.403$.

The lack of measuring equipment by appraisers led to the exclusion of "equipment variation" from analysis.

PV represents an estimation of standard deviation for part-to-part variation by measuring the difference between mean CI values assigned to different NC types. With the assessment of more than 10 NC types of the sample standard deviation replaced the average range to calculate PV because range statistics become inefficient at $n > 10$.

The TV measurement receives mathematical expression through equation (4).

$$TV = (PV^2 + AV)^{0.5}$$

We derived our results through application of the (3) and (4):

$$AV=1.439, PV=26.355, TV=26.395$$

The automotive industry uses specific standards which state that a measurement system achieves acceptability through AV/TV ratios below 10%. The assessment value of 5.5% demonstrates that the judgment influence of appraisers does not impact the evaluation of CI values. Table 2 contains a final summary of CI calculations for the most common NC types.

Table 2. Output of data processing

Nonconformity	Gravity	Cost (€)	DPI	DP2	DP3	DP4	DP5	CI [1-100]
Missing cap	0.4	3	32					20
Hydraulic leak	0.5	7		17	13			48
Loose screw(s)	0.3	7				27		60
Coupling issue	0.2	3		47				73
Defective valve	0.9	9.95				20		60

Gasket fastening	0.5	13					4	79
Scratches	0.3	6	10					21

The input values of fuzzy functions for P and C, namely P' and C', are as the following:

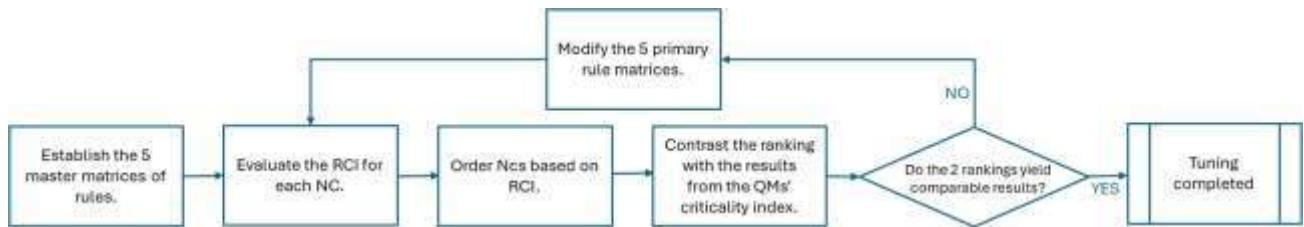
$$P' = \frac{P}{P_{max}} \text{ where } P_{max} \text{ is the incidence of the most common NC in the PI}$$

$$C' = \frac{C}{C_{max}} \text{ where } C_{max} \text{ is the higher production cost of all the products in the PI.}$$

4. Experimental Results

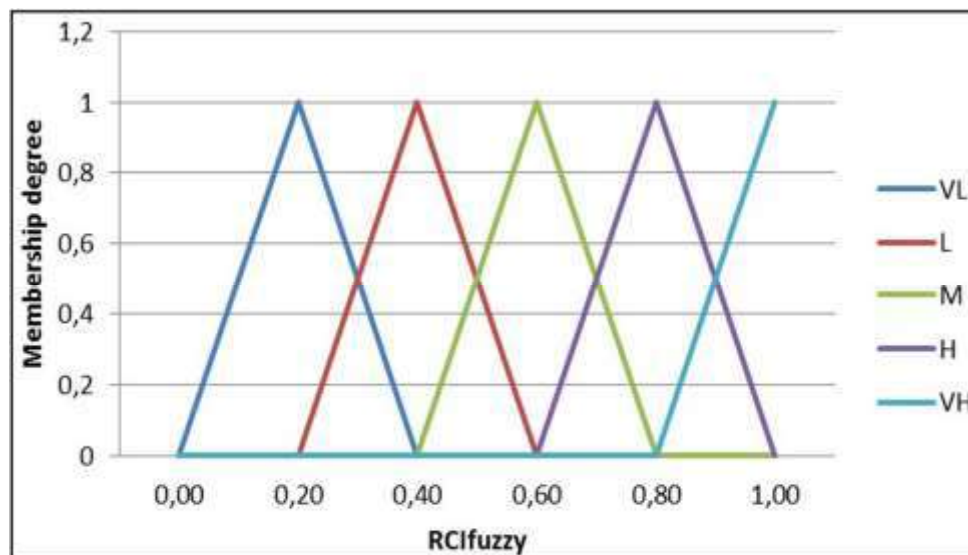
The results from auditors underwent evaluation to establish a direct link between Table 2 criticality index and the RCI ranking of NCs. Figure 1 demonstrates the step-by-step process for tuning which appears in this document.

Figure 1. FE rules tuning



The potential prioritization of NCs proceeds from the evaluation of RCI values with their associated classes as per ISO 9001:2015 risk analysis requirements. This research constructs its analysis using the VL, L, M, H and VH classes with triangular membership functions as shown in Figure 2.

Figure 2. MF for RCI_{fuzzy} value.



The de-fuzzy process used to derive crisp values function in this manner based on the example of NC#1:

$RCI1_{fuzzy}^{class} = L$ the membership degree of 0.5 is associated with the CI, which is denoted as $CI' = 0.3$

$RCI1_{fuzzy}^{class} = M$ The membership degree of 0.5 is factored into the CI, which is represented as $CI'' = 0.5$.

The overall priority number results from an averaging process of these two contributions using their respective membership degree:

$$NC\#1 \rightarrow RCI_{fuzzy} = \frac{0.5 \times 0.3 + 0.5 \times 0.5}{0.5 + 0.5} = 0.40$$

Table 3. RCI values

NC	Detection points					RCIfuzzy value	RCI	Criticality index [1-100]
	1	2	3	4	5			
1	32					0.4	12.8	20
2		17	13			0.43	31.39	50
3				27		0.3	32.4	60
4					47	0.51	47.94	75

The values of DP directly affect overall criticality levels which changes the final sequence of NCs according to Table 3. The RCI demonstrates qualitative equivalence to the criticality index because they both present identical ranks when applied to the case study outcome. The RCI ranking system operates without an upper limit because its calculation method relies on the total number of detection points for each NC.

5. Conclusion

The research addresses an underexplored area in QMS literature by examining Non-Conformities (NCs) and their criticality analysis. The proposed NC tool supports the requirements of ISO 9001:2015 by creating an objective system for NC management and characterization. Additionally, the fuzzy inference engine (FE) facilitates data prediction, enabling quality managers to make informed decisions about the most critical corrective action (CA) priorities. The analytical findings provide a robust framework for prioritizing NCs based on risk analysis, contributing to improved decision-making in QMS practices. However, the study presents certain constraints, including its limited scope within a single business organization and the small dataset used. Future research should apply the proposed methodology across diverse companies, with multiple auditors and production environments, to validate its broader applicability. Further investigations should focus on three key areas: enhancing QMS effectiveness through risk management analysis, evaluating firms' capabilities in nonconformance management, and assessing their attitudes toward risk management to improve data prediction accuracy and nonconformance handling.

References

1. Wilson, John P., and Larry Campbell: ISO 9001: 2015: the evolution and convergence of quality management and knowledge management for competitive advantage. Total Quality Management & Business Excellence 31(7-8), 761-776 (2020).

2. Sahoo, Saumyaranjan: Quality management, innovation capability and firm performance: Empirical insights from Indian manufacturing SMEs. *The TQM Journal* 31(6), 1003-1027 (2019).
3. Akao, Yoji: Quality function deployment: integrating customer requirements into product design. CRC Press (2024).
4. Hoyle, David: ISO 9000 Quality Systems Handbook-updated for the ISO 9001: 2015 standard: Increasing the Quality of an Organization's Outputs. Routledge (2017).
5. Renjith, V. R., P. Haresh Kumar, and Dilip Madhavan: Fuzzy FMECA (failure mode effect and criticality analysis) of LNG storage facility. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 56, 537-547 (2018).
6. Patel, Anand S., and Kaushik M. Patel: Critical review of literature on Lean Six Sigma methodology. *International Journal of Lean Six Sigma* 12(3), 627-674 (2021).
7. Souza, Fabiane Florencio de, et al.: Total quality management 4.0: adapting quality management to Industry 4.0. *The TQM Journal* 34(4), 749-769 (2022).
8. Zadeh, Lotfi A., and Rafik Aziz Aliev: Fuzzy logic theory and applications: part I and part II. World Scientific Publishing (2018).
9. Aliyeva, A., Aliyeva, K., Aliyev, R., & Özdeşer, M. (2023). Implementation of Fuzzy Aggregation Operators in Group Decision Making for Investment Analysis. In *16th International Conference on Applications of Fuzzy Systems, Soft Computing and Artificial Intelligence Tools – ICAFS-2023* (pp. 145-153).
10. Bossert, James L.: Quality function deployment: The practitioner's approach. CRC Press (2021).
11. Carpitella, Silvia, et al.: A combined multi-criteria approach to support FMECA analyses: A real-world case. *Reliability Engineering & System Safety* 169, 394-402 (2018).
12. Zhang, Kai, Jianming Zhan, and Wei-Zhi Wu: On multicriteria decision-making method based on a fuzzy rough set model with fuzzy α -Neighborhoods. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* 29(9), 2491-2505 (2020).

HERMITE-HADAMARD TYPE INEQUALITIES FOR s -CONVEX FUNCTIONS VIA VARIABLE ORDER FRACTIONAL INTEGRALS

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537802>

Abdüllatif YALÇIN¹

latif.yalcin012@gmail.com

ORCID ID:0009-0003-1233-7540

Yıldız Technical University

Ahmet Ocak AKDEMİR³

aoakdemir@agri.edu.tr

ID: 0000-0003-2466-0508

Ağrı İbrahim Çeçen University

Erdal GÜL²

gul@yildiz.edu.tr

ID: 0000-0003-0626-0148

Yıldız Technical University

Zümrüd NAĞİYEVA

z.nagiyeva@ndu.az

ID: 000-0003-9903-6221

Naxçıvan Dövlət Universiteti

ABSTRACT

The Hermite-Hadamard inequality plays a fundamental role in the analysis of convex functions and integral inequalities. In this study, the classical Hermite-Hadamard inequality is extended within the framework of variable-order Riemann-Liouville fractional integral operators and s -convex functions. The new inequalities derived provide more precise upper and lower bounds compared to previous results. A new lemma involving differentiable functions for variable-order fractional integrals is first derived, and then, using this lemma, extended versions of the Hermite-Hadamard, trapezoidal, and midpoint inequalities are obtained.

Furthermore, numerical examples and graphical analyses are presented to demonstrate the validity of the theoretical findings. These examples help to visualize the improvement of the proposed inequalities over the existing ones and show their practical applicability. The graphical representations further support the idea that variable-order fractional integrals offer greater flexibility and accuracy in modeling convexity-based inequalities.

This work strengthens the connection between variable-order fractional analysis and convexity theory, offering new perspectives through theoretical developments and applications in optimization, engineering, and mathematical modeling. In particular, the generalized inequalities may find usage in diverse areas such as control theory, physics, economics, and signal processing, where fractional models are increasingly being employed.

By exploring the behavior of s -convex functions under fractional operators with non-constant orders, this study opens up new directions for research. Future studies can explore similar inequalities for other generalized convexity concepts or develop numerical methods for approximating these integrals in practical problems.

Key words: Hermite–Hadamard inequality, Variable-Order fractional integrals, S -convex function, special functions.

GİRİŞ (Introduction)

Fractional analysis extends the classical concepts of differentiation and integration to fractional orders, providing a more accurate way to model complex systems in various fields such as physics, engineering, and applied mathematics. Due to the memory effects and long-range dependence properties, fractional differential and integral operators serve as powerful tools in studying systems that are difficult to model with classical analysis methods (see [1-3]).

On the other hand, convexity theory plays a critical role in mathematical analysis by providing a fundamental tool for understanding the behavior of functions and deriving integral inequalities. In connection with convex functions, the Hermite-Hadamard inequality has wide applications in mathematical modeling, optimization, and analysis (see [4-5]).

Recently, generalizations of classical inequalities in the framework of fractional analysis have attracted significant interest from both the mathematical and applied sciences communities. The classical Hermite-Hadamard inequality has been revisited using fractional integral operators, and new generalizations, particularly in the context of Riemann-Liouville and Caputo fractional integral operators, have been derived. However, fixed-order fractional operators fall short in modeling time-varying or spatially heterogeneous systems (see [6-8]).

Thus, variable-order fractional calculus (VOFC) presents a more general mathematical framework, allowing the order of differentiation and integration operators to depend on time, space, or other parameters. Variable-order operators have shown significant effects in various areas, including time-dependent diffusion processes, viscoelastic material models, chaotic systems, signal processing, and biomedical modeling (see [9-13]).

Convexity theory extends beyond classical convex functions to include generalized convexity classes. In this context, s -convex functions are an extended version of convex functions, allowing for the derivation of many important inequalities. s -convex functions offer broader functionality compared to classical convex functions and provide new perspectives in fields such as optimization and analysis (see [14-17]).

The structure of the paper is as follows: Section 1 provides the basic definitions related to fractional analysis, variable-order integral operators, and convexity. Section 2 presents the derived lemma and the new theorems obtained using it. Section 3 contains numerical tests and graphical verifications, while Section 4 summarizes the main findings of the paper and provides suggestions for future work.

MATERIAL VƏ METODLAR (Methods)

Many famous inequalities can be obtained using the concept of convex functions. Among these inequalities, Hermite–Hadamard’s inequality, which provides us a necessary and sufficient condition for a function to be convex, is one of the most studied results. For details, interested readers are referred to (see [18-25]). This result of Hermite and Hadamard reads as follows:

Let $\Omega: \mathcal{H} \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ be a convex mapping defined on the interval $\mathcal{H}$ of real numbers and $a, b \in \mathcal{H}$, with $a < b$. The following double inequalities:

$$\Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) \leq \frac{1}{b-a} \int_a^b \Omega(x) dx \leq \frac{\Omega(a) + \Omega(b)}{2} \quad (1.1)$$

hold. This double inequality is known in the literature as the Hermite-Hadamard inequality for convex functions.

Definition 1.1: [5] Let $\mathcal{H}$ be an interval in $\mathbb{R}$. Then $\Omega: \mathcal{H} \rightarrow \mathbb{R}, \emptyset \neq \mathcal{H} \subseteq \mathbb{R}$ is said to be convex if

$$\Omega(\tau a + (1 - \tau)b) \leq \tau \Omega(a) + (1 - \tau) \Omega(b) \quad (1.2)$$

for all $a, b \in \mathcal{H}$ and $\tau \in [0, 1]$.

Definiton 1.2 [15] Let $\mathcal{H}$ be an interval in $\mathbb{R}$. Then $\Omega: \mathcal{H} \rightarrow \mathbb{R}, \emptyset \neq \mathcal{H} \subseteq \mathbb{R}$ is said to be s-convex if

$$\Omega(\tau a + (1 - \tau)b) \leq \tau^s \Omega(a) + (1 - \tau)^s \Omega(b) \quad (1.3)$$

for all $a, b \in \mathcal{H}$ and $\tau \in [0, 1], s \in (0, 1]$.

Definition 1.3: [10] $0 < \alpha(x) < 1$ for all $x \in [a, b]$ and $\Omega \in \mathcal{L}^1(a, b)$. Then, the left and right-sided Riemann-Liouville fractional integrals of variable fractional order $\alpha(x)$ are defined by:

$$J_{a^+}^{\alpha(x)} \Omega(x) = \frac{1}{\Gamma[\alpha(x)]} \int_a^x \Omega(\tau) (x - \tau)^{\alpha(x)-1} d\tau, \quad \operatorname{Re} \alpha(x) > 0 \quad (1.4)$$

and

$$J_{b^-}^{\alpha(x)} \Omega(x) = \frac{1}{\Gamma[\alpha(x)]} \int_x^b \Omega(\tau) (\tau - x)^{\alpha(x)-1} d\tau, \quad \operatorname{Re} \alpha(x) > 0 \quad (1.5)$$

respectively. Here, Γ is the Gamma function.

The classical Riemann-Liouville fractional integral operates with a fixed constant order of integration α , whereas the variable-order definition allows the integration order $\alpha(x)$ to change as a function of the variable x . In our case, $\alpha(x)$ varies across the integration domain, taking different values at different points, while both α and the interval points change simultaneously. This flexibility enables a graphical analysis that highlights the validity of the newly generalized inequalities.

Using fractional identities, Hermite-Hadamard inequalities are proved for Riemann Liouville fractional integrals of fixed order.

Theorem 1.1 [22]. Let $\Omega: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ be a positive function with $0 \leq a < b$ and $\Omega \in \mathcal{L}^1[a, b]$. If Ω is a convex function on $[a, b]$ then the following inequalities for fractional integrals hold:

$$\Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) \leq \frac{\Gamma(\alpha+1)}{2(b-a)^\alpha} [J_{a^+}^\alpha \Omega(b) + J_{b^-}^\alpha \Omega(a)] \leq \frac{\Omega(a) + \Omega(b)}{2}. \quad (1.6)$$

with $\alpha > 0$.

Theorem 1.2 [15] Let $\alpha \geq 1$ and $\Omega: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ be a positive function with $0 \leq a < b$ and $\Omega \in \mathcal{L}^1[a, b]$. If Ω is a s -convex function on $[a, b]$, then the following inequality for fractional integrals hold:

$$2^{s-1} \Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) \leq \frac{\Gamma(\alpha+1)}{2(b-a)^\alpha} [J_{a^+}^\alpha \Omega(b) + J_{b^-}^\alpha \Omega(a)] \leq \frac{\Omega(a) + \Omega(b)}{2} \left[\frac{1}{\alpha+s} + \frac{2}{\alpha+s} \left(1 - \frac{1}{2^{\alpha+s}}\right) \right]$$

(1.7)

Theorem 1.3 [21] Let $\Omega: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ be a positive function with $0 \leq a < b$ and $\Omega \in \mathcal{L}^1[a, b]$. If Ω is a convex function on $[a, b]$ then the following inequalities for fractional integrals hold:

$$\Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) \leq \frac{2^{\alpha-1} \Gamma(\alpha+1)}{(b-a)^\alpha} \left[J_{\left(\frac{a+b}{2}\right)^+}^\alpha \Omega(b) + J_{\left(\frac{a+b}{2}\right)^-}^\alpha \Omega(a) \right] \leq \frac{\Omega(a) + \Omega(b)}{2} \quad (1.8)$$

Lemma 1.1 [13] Let $\Omega: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ be a differentiable mapping on (a, b) . If $\Omega' \in \mathcal{L}^1[a, b]$ then we have the following trapezoidal formula equality then the for variable-order fractional integrals holds:

$$\begin{aligned} \frac{\Omega(a) + \Omega(b)}{2} - \frac{2^{\alpha(x)-1} \Gamma[\alpha(x) + 1]}{(b-a)^{\alpha(x)}} & \left[J_{a^+}^{\alpha(x)} \Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) + J_{b^-}^{\alpha(x)} \Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) \right] \\ & \leq \frac{b-a}{4} \left[\int_0^1 (1-\tau)^{\alpha(x)-1} \Omega\left(\frac{\tau}{2}a + \left(\frac{2-\tau}{2}\right)b\right) d\tau \right. \\ & \quad \left. + \int_0^1 (1-\tau)^{\alpha(x)-1} \Omega\left(\left(\frac{2-\tau}{2}\right)b + \frac{\tau}{2}a\right) d\tau \right]. \end{aligned}$$

ÖLDƏ OLUNAN NƏTİCƏLƏR (Results)

2. Hermite-Hadamard Type Inequalities for Variable Order Fractional Integrals via s -convex Functions

In this section, we establish some generalised inequalities of Hermite-Hadamard type for Riemann-Liouville fractional integrals of variable order over s -convex functions.

Theorem 2.1 Let $\Omega: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ be a positive function with $0 < a < b$ and If Ω is a s -convex function on $[a, b]$, then the following inequality for fractional integrals hold:

$$\Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) \leq \frac{2^{\alpha(x)-s} \Gamma[\alpha(x) + 1]}{(b-a)^{\alpha(x)}} \left[J_{a^+}^{\alpha(x)} \Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) + J_{b^-}^{\alpha(x)} \Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) \right] \leq \frac{\Omega(a) + \Omega(b)}{2^s} \Phi. \quad (2.1)$$

Proof: Since Ω is a s -convex function on $[a, b]$, for $\tau \in [0, 1]$ with take $\tau = \frac{1}{2}$, we have.

$$\Omega\left(\frac{x+y}{2}\right) \leq \frac{\Omega(x) + \Omega(y)}{2^s}$$

With $x = \frac{\tau}{2}a + \frac{2-\tau}{2}b$ and $y = \frac{2-\tau}{2}b + \frac{\tau}{2}a$

$$2^s \Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) \leq \Omega\left(\frac{\tau}{2}a + \left(\frac{2-\tau}{2}\right)b\right) + \Omega\left(\left(\frac{2-\tau}{2}\right)b + \frac{\tau}{2}a\right), \quad \tau \in [0,1] \quad (2.2)$$

By multiplying both sides of equation (2.2) by the $(1-\tau)^{\alpha(x)-1}$, and then integrating the resulting inequality with respect to τ over $(0,1)$, we obtain the following result:

$$\begin{aligned} 2^s \Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) \int_0^1 (1-\tau)^{\alpha(x)-1} d\tau \\ \leq \int_0^1 (1-\tau)^{\alpha(x)-1} \Omega\left(\frac{\tau}{2}a + \left(\frac{2-\tau}{2}\right)b\right) d\tau \\ + \int_0^1 (1-\tau)^{\alpha(x)-1} \Omega\left(\left(\frac{2-\tau}{2}\right)b + \frac{\tau}{2}a\right) d\tau \end{aligned}$$

By changing the variables in both right side integrals, we obtain

$$\begin{aligned} \frac{2^s}{\alpha(x)} \Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) \\ \leq \frac{2^{\alpha(x)}}{(b-a)^{\alpha(x)}} \left[\int_{\frac{a+b}{2}}^b \left(v - \frac{a+b}{2}\right)^{\alpha-1} \Omega(v) dv + \int_a^{\frac{a+b}{2}} \left(\frac{a+b}{2} - v\right)^{\alpha-1} \Omega(v) dv \right] \\ = \frac{2^{\alpha(x)} \Gamma[\alpha(x)]}{(b-a)^{\alpha(x)}} \left[J_{a^+}^{\alpha(x)} \Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) + J_{b^-}^{\alpha(x)} \Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) \right]. \end{aligned}$$

and the first inequality is proved.

For the proof of the second inequality, we first note that if f is a convex function, then for $t \in [0,1]$

$$\Omega\left(\frac{\tau}{2}a + \left(\frac{2-\tau}{2}\right)b\right) \leq \left(\frac{\tau}{2}\right)^s \Omega(a) + \left(\frac{2-\tau}{2}\right)^s \Omega(b)$$

and

$$\Omega\left(\left(\frac{2-\tau}{2}\right)b + \frac{\tau}{2}a\right) \leq \left(\frac{\tau}{2}\right)^s \Omega(b) + \left(\frac{2-\tau}{2}\right)^s \Omega(a)$$

By addition, we have,

$$\Omega\left(\frac{\tau}{2}a + \left(\frac{2-\tau}{2}\right)b\right) + \Omega\left(\left(\frac{2-\tau}{2}\right)b + \frac{\tau}{2}a\right) \leq [\Omega(a) + \Omega(b)] \left[\left(\frac{\tau}{2}\right)^s + \left(\frac{2-\tau}{2}\right)^s \right]$$

for all $\tau \in [0,1]$.

$$(2.3)$$

Multiplying both sides of (2.3) by the $(1 - \tau)^{\alpha(x)-1}$, then integrating the resulting inequality with respect to t over $[0,1]$, we obtain

$$\begin{aligned} & \int_0^1 (1 - \tau)^{\alpha(x)-1} \Omega\left(\frac{\tau}{2}a + \left(\frac{2-\tau}{2}\right)b\right) d\tau + \int_0^1 (1 - \tau)^{\alpha(x)-1} \Omega\left(\left(\frac{2-\tau}{2}\right)b + \frac{\tau}{2}a\right) d\tau \\ & \leq [\Omega(a) + \Omega(b)] \int_0^1 (1 - \tau)^{\alpha(x)-1} \left[\left(\frac{\tau}{2}\right)^s + \left(\frac{2-\tau}{2}\right)^s\right] d\tau, \end{aligned}$$

i.e

$$= \frac{\Gamma[\alpha(x)]}{(b-a)^{\alpha(x)}} \left[J_{a^+}^{\alpha(x)} \Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) + J_{b^-}^{\alpha(x)} \Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) \right] \leq [\Omega(a) + \Omega(b)] \Phi$$

here,

$$\Phi = \left[\frac{1}{2^s} \left(\frac{\Gamma(s+1)\Gamma[\alpha(x)]}{\Gamma(s+\alpha(x)+1)} + \sum_{n=0}^{\infty} \binom{s}{n} \frac{1}{\alpha(x)+n} \right) \right].$$

The proof is completed.

Remark 2.1. The inequality in the Equation (2.1) with $\alpha(x) = 1$ and $s = 1$ becomes the inequality in Equation (1.1).

Remark 2.2. The inequality in the Equation (2.1) with $\alpha(x) = \alpha$, $s = 1$ and $(1 - \tau)$ replaced by τ then we find Theorem 1.3.

The second theorem gives a new upper bound of the left-Hadamard inequality for s -convex mappings.

Theorem 2.2. Let $\Omega: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ be a positive function with $0 < a < b$ and If Ω is a s -convex function on $[a, b]$, for some fixed $s \in (0,1]$, then the following inequality for fractional integrals hold:

$$\begin{aligned} & \left| \frac{\Omega(a) + \Omega(b)}{2} - \frac{2^{\alpha(x)-1} \Gamma[\alpha(x) + 1]}{(b-a)^{\alpha(x)}} \left[J_{a^+}^{\alpha(x)} \Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) + J_{b^-}^{\alpha(x)} \Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) \right] \right| \\ & \leq \frac{b-a}{2^{s+2}} (|\Omega'(a)| + |\Omega'(b)|) \Phi \end{aligned}$$

Proof: Using Lemma 1.1 and the s -convexity of Ω , we have

$$\begin{aligned} & \left| \frac{\Omega(a) + \Omega(b)}{2} - \frac{2^{\alpha(x)-1} \Gamma[\alpha(x) + 1]}{(b-a)^{\alpha(x)}} \left[J_{a^+}^{\alpha(x)} \Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) + J_{b^-}^{\alpha(x)} \Omega\left(\frac{a+b}{2}\right) \right] \right| \\ & \leq \frac{b-a}{4} \left[\int_0^1 (1 - \tau)^{\alpha(x)-1} \left(\frac{\tau}{2}\right)^s |\Omega'(a)| + \left(\frac{2-\tau}{2}\right)^s |\Omega'(b)| d\tau \right. \\ & \quad \left. + \int_0^1 (1 - \tau)^{\alpha(x)-1} \left(\frac{\tau}{2}\right)^s |\Omega'(b)| + \left(\frac{2-\tau}{2}\right)^s |\Omega'(a)| d\tau \right] = \frac{b-a}{4} \{\mathcal{K}_1 + \mathcal{K}_2\} \end{aligned}$$

Calculating $\mathcal{K}_1$ and $\mathcal{K}_2$, we have

$$\begin{aligned}\mathcal{K}_1 + \mathcal{K}_2 &= [|\Omega'(a)| + |\Omega'(b)|] \int_0^1 (1-\tau)^{\alpha(x)-1} \left(\frac{\tau}{2}\right)^s d\tau \\ &\quad + \int_0^1 (1-\tau)^{\alpha(x)-1} \left(\frac{2-\tau}{2}\right)^s d\tau = [|\Omega'(a)| + |\Omega'(b)|] \Phi\end{aligned}$$

here,

$$\Phi = \left[\frac{1}{2^s} \left(\frac{\Gamma(s+1)\Gamma[\alpha(x)]}{\Gamma(s+\alpha(x)+1)} + \sum_{n=0}^{\infty} \binom{s}{n} \frac{1}{\alpha(x)+n} \right) \right].$$

The proof is completed.

3. Numerical Example

Example 3. 1. We define a convex mapping $\psi(x) = x^2$. Then from inequality (2.1) for $s = 1$ $\alpha(x) = \sin x$, $a = 0$ and $b = 1$, we have

$$\psi\left(\frac{1}{2}\right) = 0.25,$$

$$\frac{2^{\sin(1)-1} \Gamma[\sin(1) + 1]}{(1-0)^{\sin(1)}} \left[J_{0^+}^{\sin(1)} \psi\left(\frac{1}{2}\right) + J_{1^-}^{\sin(1)} \psi\left(\frac{1}{2}\right) \right] \approx 0.37624$$

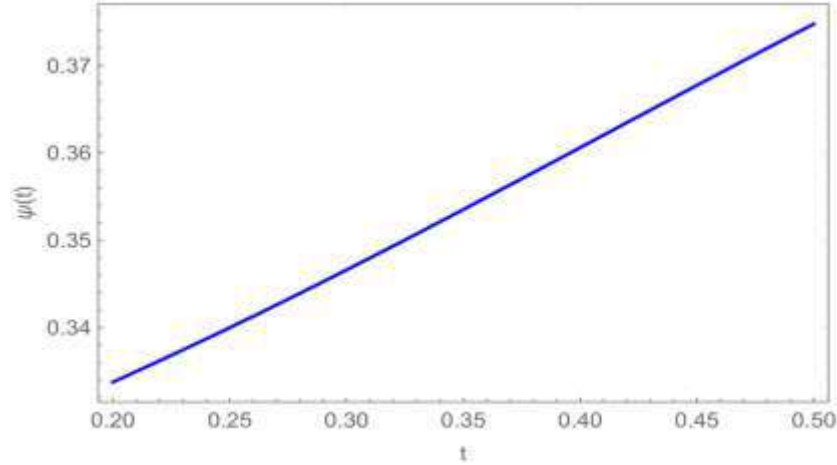
and

$$\frac{\psi(a) + \psi(b)}{2} = 0.5$$

The values obtained show that inequality (2.1)

$$0.25 < 0.37624 < 0.5$$

This is another example of an application of inequality (2.1), which holds for convex functions.



MÜZAKİRƏ (Discussion)

In this study, we extended the classical Hermite-Hadamard type integral inequalities to a more general framework by employing s -convex functions within the context of variable-order fractional integrals. The results obtained demonstrate that variable-order fractional integral operators, when combined with the structure of s -convexity, provide more flexible and refined bounds. This contributes significantly to the development of analytical tools in fields such as mathematical modeling, optimization, and engineering. The presented numerical examples validate the theoretical findings and highlight the practical relevance of the proposed inequalities in applied domains such as signal processing and control theory. These inequalities offer stronger and more generalized estimates for integrals, thus introducing new perspectives to the theory of fractional calculus. Future research could focus on deriving new types of inequalities such as trapezoidal and midpoint-type formulas by applying similar approaches to Hölder and Power-Mean inequalities. Furthermore, extending the results to other types of fractional operators, exploring multidimensional generalizations, and developing efficient numerical methods for real-world applications are promising directions for further investigation.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

- [1] Kilbas, A.A., Srivastava, H.M., Trujillo, J.J. Theory and Applications of Fractional Differential Equations. Elsevier, 2006.
- [2] Podlubny, I. Fractional Differential Equations. Academic Press, 1999.
- [3] Oldham, K.B., Spanier, J. The Fractional Calculus: Theory and Applications of Differentiation and Integration to Arbitrary Order. Dover Publications, 2006.

[4] Pecarić, J.E., Proschan, F., Tong, Y.L. Convex Functions, Partial Orderings, and Statistical

Applications. Academic Press, 1992.

[5] Gül, E., Akdemir, A. O., Yalçın, A. (2024). Hermite-Hadamard Inequalities for a New Class of Generalized-(s, m) via Fractional Integral. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, (1), 109-115.

[6] Gül, E., Yalçın, A. Some novel estimations of Hadamard type inequalities for different kinds of convex functions via tempered fractional integral operator, *FILOMAT*, 38(10) (2024), 3683–3690.

[7] Tatar, M.C., Yildiz, Ç, Hermite-Hadamard-Jensen Mercer Type Some New Estimates for Inequalities, *Turkish Journal of Science*, 9(3) (2024), 225-240.

[8] Mohammed, Pshtiwan Othman, and Iver Brevik." A new version of the Hermite–Hadamard

inequality for Riemann–Liouville fractional integrals." *Symmetry* 12.4 (2020): 610.

[9] S.G. Samko, B. Ross, Integration and differentiation to a variable fractional order, *Integr. Transf. Spec. Funct.*, 1(4) (1993), 277–300.

[10] S.G. Samko, Fractional integration and differentiation of variable order, *Anal. Math.*, 21(3) (1995), 213–236.

[11] L. E. S. Ramirez, C. F. M. Coimbra, A variable order constitutive relation for viscoelasticity, *Annals of Physics*, 16(7-8) (2007), 543–552.

[12] H.G. Sun, W. Chen, H. Wei, Y. Chen, A comparative study of constant order and variable-order fractional models in characterizing memory property of systems, *Eur. Phys. J. Spec. Top.*, 193(1) (2011), 185–192.

[13] Yalçın, A, Dokuycu M.A., Akdemir, A.O., Gül, Erdal. Bridging Convexity And Fractional Calculus: Hermite-Hadamard Inequalities For Variable Order Integrals arxiv, (2025).

[14] Gül, E., Yalçın, A. Some integral inequalities through tempered fractional integral operator, *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series A1 Mathematics and Statistics*, 73(2) (2024), 399–409.

[15] Wang, J; Li, X., Zhou, Y.: Hermite–Hadamard inequalities involving Riemann–Liouville fractional integrals via s-convex functions and applications to special means. *Filomat* (2016) 30 (5), 1143–1150.

- [16] Avcı, M.; Kavurmacı, H; Ozdemir, M.E. New inequalities of Hermite-Hadamard type via s -convex functions in the second sense with applications, *Appl. Math. Comput.*, (2011), 217, 5171–5176.
- [17] Dragomir, S.S.: Fitzpatrick, S. The Hadamard's inequality for s -convex functions in the second sense, *Demonstratio Math.*, 32(1999), 687–696.
- [18] Ekinici, A., and Ozdemir, M. E. Some new integral inequalities via Riemann-Liouville integral operators. *Applied and Computational Mathematics*, (2019), 18(3).
- [19] S.S. Dragomir, R.P. Agarwal, P. Cerone, On Simpson's inequality and applications, *RGMI Research Report Collection*, 2(3) (1999).
- [20] M.E. Özdemir, H. Kavurmacı, E. Set, Ostrowski's type inequalities for (α, m) -convex functions, *Kyungpook Math. J.* 50 (2010) 371–378.
- [21] Sarıkaya MZ, Yıldırım H. On Hermite–Hadamard type inequalities for Riemann–Liouville fractional integrals. *Miskolc Math Notes*. 2017;17(2):1049-1059.
- [22] Sarıkaya, M.Z.; Set, E.; Yıldız, H.; Başak, N. Hermite-Hadamard's inequalities for fractional integrals and related fractional inequalities. *Math. Comput. Model.* (2013), 57, 2403–2407.
- [23] Akdemir A.O; Set E; Ozdemir M.E; Yalçın. A. New generalizations for functions whose second derivatives are GG-convex, *Uzbek Mathematical Journal*, (2018), 4, pp.22-34.
- [24] Akdemir, A.O; Ozdemir, M.E; Avcı Ardıc., M; and Yalçın, A. Some new generalizations for GA-convex functions, *Filomat*, (2017) 31 (4), pp. 1009-1016.
- [25] S.S. Dragomir, On Hadamard's inequality for convex functions on the coordinate sine rectangle from the plane, *Taiwanese J. Math.*, 4 (2001), 775–788.

PROTECTION AGAINST DIGITAL ATTACKS IN CYBER SECURITY SYSTEMS

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537816>

Doc. Firat Aydemir
fiat.aydemir@dpu.edu.tr
Kütahya Dumlupınar University(docent)

Ajdarova Nazli
nazzaur002@gmail.com
Nahchivan State University (PhD student)

Abstract

We always feel the need to protect the security of our personal information that belongs to us in the Internet world, as well as our valuable things in real life. There are many ways to ensure this. In our daily lives, we can reduce risks by installing cameras to protect physical objects or by being more careful. As in real life, in the virtual world, both individuals and growing businesses take advantage of technology to protect themselves from internal and external cyber attacks. At such moments, professionals are needed - cyber security specialists

Keywords: information security, cyber security, cyber attacks, network attacks, software attacks, system security.

Due to the significant increase in the use of the Internet and social media, all topics related to information began to be taken more seriously. Specializations, professions, courses, seminars, etc., especially starting with the word Cyber. The Greek word "kubernan" which means "to direct" first entered the English language in 1948 as "cybernetics". In 1958, it was used by Lois Couffignal as "Cyber" to describe the relationship between living things and robots. The word Cyber is also a translated version of the word Cyber into Azerbaijani.[1] Just as our security is important in real life, security is also important in the virtual world and this is called as Cyber Security. Cyber security generally includes computer security, transaction security, data protection, personal data security, internet network security, and even security of any signal transmitting devices. The reason these topics have branched out and gained importance are the cyber attacks and threats faced. As the number and type of cyber attacks have increased, so have the branches of cyber security. Since the 1980s, concepts such as Cyber Criminals, Ethics in the Cyber World, and Ethical Cyber Piracy have emerged.[3]

Cyber security is the practice of protecting computers, servers, mobile devices, electronic systems, networks, and data from malicious attacks. Also known as information technology security or electronic information security. The term is used in a variety of contexts, from business to mobile computing, and can be divided into several general categories.

- Network security is the protection of a computer network from intrusions by targeted attackers or random malicious programs.

- Software security is the protection of software and devices from threats. A compromised application may allow access to protected data. Successful security starts in the design phase, long before any software or device is used.

- Information security protects the integrity and confidentiality of data both stored and transmitted.
- Operations security consists of processes and decisions to manage and protect information assets. The permissions granted to users when accessing a network and the procedures that determine how and where data can be stored or shared are all included in this definition.

- Disaster recovery and business continuity for any organization's cyber security incident. or determine how it responds to any other event that results in the loss of operations or data. A disaster recovery strategy dictates how an organization restores its operations and data to return to the same operational capability as before the incident. Business continuity is a plan that an organization uses when trying to operate without certain funds.

- Education of end users addresses the most un-known factor in cyber security - people - what to do in advance. Anyone can accidentally introduce a virus into a secure system by not following proper security practices. Teaching users how to delete suspicious email attachments, not plugging in unidentified USB drives, and other important lessons is critical to the security of any organization.[2]

Why is cyber security important? The world relies on technology more than ever before. As a result, the creation of digital data has accelerated. Today, businesses and governments store large amounts of such data on computers and transfer it to other computers over networks. Devices and their underlying systems have vulnerabilities that can compromise the health and goals of any organization when exploited. A data breach can have a number of devastating consequences for any enterprise. This can discredit the company by losing the trust of consumers and partners. Losing important data, such as source files or intellectual property, can cost a company a competitive advantage. In addition, data breaches can affect corporate revenues due to non-compliance with data protection regulations. It has been found that the average data breach costs an affected organization \$3.6 million. Due to the amount of critical information being leaked in the press, it is imperative that organizations adopt and implement a robust cyber security approach.[4]

Malicious persons who infiltrate information systems, steal data, and conduct cyber attacks on networks are usually called "hackers," "crackers," black hat hackers, or cybercriminals. These people are usually people who can write code to an excellent degree, with reverse engineering skills. An example of this type of person is Kevin Mitnick. He is the only person in the history of the world who was forbidden to stand near the coffee machine. The reason is that he has the ability to write and use his own codes by "hacking" the coffee machine.

There are many research organizations on cyber threats and threats. These institutions investigate various risks and provide information about which types of attacks are more frequent during the year. Among the types of cyber attacks, money laundering and cybercriminals' attacks to demonstrate their skills are prominent. Cyber security has become extremely important for states and companies due to the significant increases in

cyber attacks. Examples of the largest cyber attacks in world history include:

- I Love You - this virus infected 45 million computers globally and caused a total loss of 10 billion dollars.
- Nimda – this worm-type malware caused a total of \$3 billion in damage.
- Love Bug – this virus brought down many networks in total and caused 10 billion dollars in damage.

It can be seen from the listed cases that 100% protection from cyber attacks is not possible. In order to ensure cyber security, you need to make constant investments and work with various cyber security experts. [4]

So how do cyber security measures protect users and systems? Primarily, cyber security relies on cryptographic protocols to encrypt emails, files and other important data. This not only protects data in transit, but also protects against loss or theft. In addition, enduser security software scans computers for pieces of malicious code, quarantines the code, and then removes it from the computer. Security programs can even detect and remove malicious code hidden in the Master Boot Record (MBR) that is designed to encrypt or erase data from a computer's hard drive. Electronic security protocols also focus on real-time detection of malware. Many use heuristics and behavioral analysis to control the behavior of a program and its code to protect against viruses or trojans (polymorphic and metamorphic malware) that change their shape each time they are executed. Security software can confine potentially malicious programs to a virtual bucket separate from the user's network to analyze their behavior and learn how to better detect new infections. Security programs are evolving as cybersecurity professionals discover new threats and new ways to combat them.

References:

1. Alizade Matlab Nurush, Bayramov Hafiz Maharram, Mammadov Alovsat Suliddin. Information security. Baku-2016.
2. Cyber security | Arif Hasanov. Baku-2020
3. Alizade-C.Sh.-Aliyev-B.A.-Cyber security. Baku-2019.
4. <http://sia.az/az/news/politics/450260-webcameras-installed-in-nazir-secki-mentegelerin-kibertehluksesizlik-teminati-yaradilib>

ÇBAG TABANLI RÜZGAR ÇİFTLİĞİNDE ALT SENKRON REZONANS ETKİSİNİ AZALTMAK İÇİN ESK MODELİN RTE DEVRESİNDE GELİŞTİRİLMESİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537836>

M. Kenan DÖŞOĞLU

kenandosoglu@duzce.edu.tr

Düzce Üniversitesi

Mustafa DURSUN

mustafadursun@duzce.edu.tr

Düzce Üniversitesi

Özet

Şebekeye bağlı olarak çalışan Çift Beslemeli Asenkron Generatörü (ÇBAG) tabanlı Rüzgar Çiftliğinde seri kompanzasyon sonucunda Alt-Senkron Rezonans (SSR) meydana gelmektedir. SSR durumunda sistem parametrelerinde kararsızlık ve salınımların artması söz konusudur. SSR'nin oluşturmuş olduğu olumsuz durumları azaltmak için bu çalışmada Rotor Tarafındaki Evirici (RTE) devresinde Ek Sönümleme Kontrolü (ESK) modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. ESK modelinin analizlerinde sabit rüzgar hızı ve farklı seri kompanzasyon oranları kullanılmıştır. Sabit rüzgar hızı ÇBAG'da 8 m/s olarak belirlenirken, sistemdeki farklı kompanzasyon oranları %30, %40 ve %50 olarak belirlenmiştir. 3 farklı analiz durumu MATLAB-SIMULINK'te detaylı olarak incelenmiştir. Yapılan analizlerde ÇBAG aktif güç, ÇBAG reaktif güç, ÇBAG elektriksel moment ve ÇBAG DC bara gerilim parametreleri detaylı olarak incelenmiştir. Geleneksel modelin kullanılması ve RTE devresinde ESK modelinin kullanılması ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda ESK modelinin geliştirilmesi ile sistemin kısa süre içerisinde kararlı hale geldiği görülürken, oluşan salınımların da kısa sürede sönümlendiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : ÇBAG, SSR, RTE, ESK

PREDICTING THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON INSECT GENETIC DIVERSITY USING BIOINFORMATIC AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPROACHES

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537853>

Leyla BUDAGOVA

Orcid ID: 0009-0002-0543-1195

leylabudaqova073@gmail.com

Selcuk University

Habib HUSEYNOV

Orcid ID: 0009-0002-0353-9776

huseynovtayyar5@gmail.com

Nakhchivan State University

Abstract:

This review article investigates the potential impacts of climate change on the genetic diversity of insects and systematically analyzes the bioinformatic and artificial intelligence (AI) approaches used to predict these effects. Contemporary research indicates that climate variability can result in reduced gene flow and a decline in genetic variation. Bioinformatic tools are widely applied in the analysis of genetic markers, while AI models offer promising methods for studying climate-genome interactions and forecasting future risks. This review introduces an innovative methodology that proposes predicting the effects of climate variability on insect genetic diversity using bioinformatics- and AI-based approaches. Unlike previous studies, it presents a comprehensive framework that integrates molecular markers (COI and SNPs) with ecological variables through bioinformatic analysis and applies artificial intelligence models—such as Random Forest, Support Vector Machines (SVM), XGBoost, and Deep Neural Networks (DNN)—to perform multi-parametric predictions of future changes in genetic diversity. As a result, the study offers a scientifically grounded prediction mechanism that can contribute to the development of early warning systems in biodiversity conservation.

Keywords: *Climate Change, Insects, Genetic Diversity, Bioinformatics, Artificial Intelligence, SNP, COI*

1. Introduction

1.1 The impact of global climate change on biodiversity

Global climate change has recently been accompanied by increasing pressures on natural systems. Rising temperatures, changes in precipitation patterns, and the growing frequency of extreme weather events are directly affecting ecosystems and the species that inhabit them. These changes can not only alter the geographical distribution of species but also diminish their genetic diversity.

The rapid pace of environmental change exceeds the adaptive capacity of many species. As a result, some species are declining or even disappearing without being able to adapt to the new conditions. This situation is particularly dangerous for vulnerable and narrowly distributed species. Therefore, understanding how

climate change affects biodiversity—especially at the genetic level—is of great importance from both scientific and ecological management perspectives.

1.2 Insects: Their Role in Ecosystem Functions and the Necessity of Preserving Their Genetic Diversity

Insects represent the most widely distributed and species-rich class of organisms on Earth. They are not only indicators of biodiversity but also constitute a crucial group that maintains the functional balance of ecosystems. Insects play vital roles in key ecological processes such as pollination, decomposition of organic matter, soil structure formation, natural regulation of pathogen and pest populations, and the flow of energy through trophic networks. For instance, bees, butterflies, and other pollinators are essential for the reproductive success of many plant species. These ecosystem functions are closely linked not only to the biological presence of these species but also to their genetic diversity.

Genetic diversity forms the foundation of insects' ability to adapt to various environmental conditions, resist diseases and the effects of pesticides, and maintain stable population dynamics. Low genetic variation increases the vulnerability of insect populations to climate change, invasive species, and anthropogenic pressures. For example, declining genetic diversity in honeybee (*Apis mellifera*) populations has been associated with the increased occurrence of colony collapse disorder.

1.3 How Will Insect Genetic Diversity Change Under Changing Climate Conditions?

Climate change has become a major threat to biological diversity in recent decades. Insects—organisms that perform fundamental functions in the biosphere such as energy flow and pollination—are being significantly affected by these changes at both ecological and genetic levels. Rising temperatures, increased frequency of extreme weather events, and alterations in precipitation patterns are shrinking their habitats, disrupting population dynamics, and challenging their adaptive capacities.

Genetic diversity is one of the key indicators of a species' long-term survival and ability to adapt to changing conditions. During periods of climate change, many insect species exhibit a decline in genetic variation. One of the main reasons for this is the weakening of gene flow and reproductive isolation caused by population fragmentation. For example, climate-sensitive species inhabiting high-altitude regions face a high risk of genetic bottlenecks due to their inability to migrate to new habitats. This, in turn, increases the likelihood of genetic drift and inbreeding.

On the other hand, in some insect species, strong selective pressures drive the rapid emergence of new genotypes. This phenomenon is especially common in species with short generation times. These insects adapt to new climatic conditions—such as increased heat and reduced humidity—by enhancing their adaptive potential through high mutation rates and genetic recombination. While this may lead to increased genetic diversity at the local level, the long-term stability of these adaptations remains uncertain.

1.4 The Role of Bioinformatics and Artificial Intelligence in This Prediction

In order to understand and predict the effects of climate change on insect genetic diversity, modern technologies—particularly bioinformatics and artificial intelligence (AI)—are increasingly being employed alongside classical ecological approaches. These modern approaches enable both in-depth analysis of existing genomic data and the modeling of potential future genetic changes in response to climatic dynamics.

Bioinformatic methods serve as core tools for analyzing the genetic structure of insect populations. Through analyses based on mitochondrial DNA markers, nuclear genes, or single nucleotide polymorphisms (SNPs), it is possible to measure genetic diversity both within and between populations and species. Widely used software such as MEGA, DnaSP, MAFFT, IQ-TREE, and BEAST play a critical role in constructing phylogenetic relationships and generating haplotype networks. Genomic data are typically sourced from international databases such as NCBI GenBank, BOLD Systems, and EMBL-EBI.

Climatic variables—including temperature, precipitation, soil moisture, humidity, and other environmental factors—are generally obtained from open-access data repositories provided by organizations like NOAA, IPCC, and WorldClim. These datasets serve as key variables in models that integrate geographical distribution data of insect populations with genomic information. As a result, the regional impacts of climate change on genetic diversity can be evaluated more objectively and comprehensively.

Artificial intelligence and machine learning algorithms offer powerful tools for the large-scale and complex analysis of such integrated datasets. Models like Random Forest, Support Vector Machine (SVM), XGBoost, and Deep Neural Networks (DNN) are used to identify statistical relationships between climate variables and genetic indicators, allowing predictions of potential genetic decline or adaptation in future scenarios. This approach makes it possible not only to assess current genetic status but also to estimate potential adaptation pathways under various climate scenarios (e.g., IPCC's RCP4.5 and RCP8.5 projections for 2030, 2050, and 2100).

2. Aim and Scientific Significance of the Study

The primary aim of this review is to evaluate the potential impacts of climate change on insect genetic diversity based on current scientific literature and to systematically analyze the bioinformatic and artificial intelligence (AI)-based approaches applied in this field. To achieve this, studies that explore the interaction between genetic markers—particularly mitochondrial DNA and single nucleotide polymorphisms (SNPs)—and ecological variables have been examined, encompassing both classical molecular techniques and machine learning models.

The scientific significance of this review lies in its integration of diverse methodological approaches to present a comprehensive perspective on climate–

genetic interactions. This integrated approach addresses critical knowledge gaps by contributing to the development of conservation strategies, enabling early identification of climate-sensitive species, and enhancing our understanding of adaptive mechanisms in the context of evolution. Additionally, this review offers both practical and theoretical insights into the integration of bioinformatics and AI within entomological research.

3. Literature Review

Previous studies have shown that climate change can lead to a reduction in genetic diversity by altering adaptation mechanisms in populations (Hoffmann & Sgrò, 2011; Parmesan & Yohe, 2003). In particular, extreme temperature waves and disruption of precipitation patterns can result in a reduction in genetic variation and the loss of certain alleles.

Mitochondrial COI genes, SNP markers, and microsatellites are mainly used to determine genetic diversity in insects (Hebert et al., 2003; Gamboa et al., 2020). Using these markers, population structure, gene flow, and phylogenetic relationships between species are determined.

Programs such as BLAST, MAFFT, MEGA, DnaSP, IQ-TREE, and BEAST are used for genetic data analysis. These tools are used to align sequences, construct phylogenetic trees, and calculate genetic distances. Bioinformatics is also important in this field in terms of marker selection and sequence quality control.

The application of artificial intelligence to ecology is rapidly growing. Using acquired genetic and environmental indicators, models such as Random Forest, Support Vector Machine, Neural Network, and XGBoost are applied to predict the climate adaptation potential and genetic risk levels of species (Bay et al., 2018; Razgour et al., 2019).

In a study of bats by Razgour et al. (2019), genomic variations were integrated with climate projections to assess the likelihood of species adapting to climate. Similar studies have synthesized genomic markers and climate data using machine learning to develop high-accuracy prediction models. These studies also provide a methodological example for insect populations.

4. Methodology

This article is based on a systematic review of the existing scientific literature that explains the impact of climate change on insect genetic diversity and uses bioinformatics and artificial intelligence approaches to predict these impacts. The article focuses on studies published in the last 15 years and indexed in academic databases such as Web of Science, Scopus and PubMed.

The main keywords were “climate change”, “insect genetic diversity”, “bioinformatics”, “machine learning in ecology”, “species adaptation”, “SNP”, “COI gene”, “AI modeling for biodiversity”. The studies included in the review were selected based on the following criteria:

- The topic should include the climate-biogenetic relationship
- The use of bioinformatics and/or artificial intelligence tools
- The presentation of a clear methodological or applied approach
- The publication in reputable scientific publications (Q1-Q2 journals are preferred)

The collected articles were analyzed and divided into thematic sections, and the applied technologies, methods and main results were synthesized. The aim is to critically present the ways in which the genetic effects of climate change are studied and the contribution of artificial intelligence to this field.

5. Results and Discussions

The review results show that climate change affects the genetic diversity of insects in both direct and indirect ways. The most common forms of impact are the geographical fragmentation of populations, the weakening of gene flow, the dominance of some alleles and the reduction of genetic variation. These effects weaken the adaptive potential of species and jeopardize their resilience to climate change.

Most existing studies confirm that genetic changes are mainly observed against the background of increasing temperatures, changes in humidity levels and instability in seasonal cycles (Parmesan & Yohe, 2003; Gamboa et al., 2020). In particular, mitochondrial COI or SNP-based analyses have been useful in tracking these changes at the molecular level.

Thanks to bioinformatic approaches, the construction of phylogenetic trees and the calculation of genetic distances allow us to detect the disruption of population structure in regions affected by climate change. For example, some studies conducted in Arctic or mountainous regions have observed a gradual decrease in genetic diversity over the area.

At the same time, in recent years, artificial intelligence and machine learning models have enabled more accurate and multi-parameter predictions in this area. Studies have reported that models such as Random Forest, SVM and DNN have successfully identified the relationship between climate indicators (temperature, precipitation, humidity) and genetic diversity indicators (π , F_{ST} , haplotype number) (Bay et al., 2018; Razgour et al., 2019).

These models also estimated the genetic variation probabilities of insect species for the years 2030, 2050 and 2100 according to different climate scenarios (RCP 4.5,

RCP 8.5). It was observed that genetic diversity decreased more sharply in high-emission scenarios and the genetic stability of populations weakened (Figure 1).

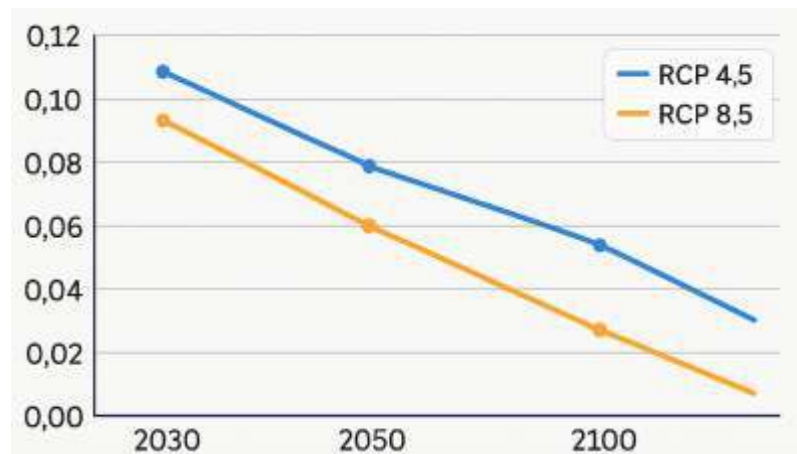


Figure 1. *Projected changes in genetic diversity (π) in insect populations under the RCP 4.5 and RCP 8.5 climate scenarios for 2030, 2050, and 2100. Diversity declines more rapidly in the high-emission scenario (RCP 8.5).*

The reviewed literature also shows that AI models are not only limited to analyzing the current situation, but can also be used as early warning systems for bioconservation planning. For example, based on the forecasts, high-risk regions or species with rapidly decreasing genetic variation can be identified in advance and measures can be planned to protect them.

The results obtained show that climate change has a serious impact on the genetic diversity of insects, and these impacts can be predicted earlier and more accurately through AI models. This approach creates an important scientific basis for planning bioconservation strategies and maintaining ecosystem resilience.

6. Conclusion

The scientific novelty of this article lies in the first integrative application of artificial intelligence and bioinformatics technologies to analyze the complex interactions between insect genetic diversity and climate change. Unlike previous studies, by assessing interpopulation variation at the molecular level using genetic markers (mitochondrial COI and SNP), and then predicting this data with artificial intelligence-based models (Random Forest, XGBoost, SVM and DNN), a new framework is presented that assesses how genetic diversity will change in the future in a more detailed and objective way. Thus, it becomes possible to create early warning systems of practical importance for ecological management and bioconservation. The application of artificial intelligence allows for the implementation of these predictions on a larger scale and in a dynamic manner.

Consequently, these approaches open up important prospects for the establishment of bioconservation strategies on a scientific basis and the preservation of ecosystem stability.

7. References

1. Hoffmann, A. A., & Sgrò, C. M. (2011). Climate change and evolutionary adaptation. *Nature*, 470(7335), 479–485. <https://doi.org/10.1038/nature09670>
2. Parmesan, C., & Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421(6918), 37–42. <https://doi.org/10.1038/nature01286>
3. Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S. L., & deWaard, J. R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society B*, 270(1512), 313–321. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2218>
4. Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., & Tamura, K. (2018). MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35(6), 1547–1549. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>
5. Schrider, D. R., & Kern, A. D. (2018). Supervised Machine Learning for Population Genetics: A New Paradigm. *Trends in Genetics*, 34(4), 301–312. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2017.12.005>
6. Bay, R. A., Harrigan, R. J., Underwood, V. L., Gibbs, H. L., Smith, T. B., & Ruegg, K. (2018). Genomic signals of selection predict climate-driven population declines in a migratory bird. *Science*, 359(6371), 83–86. <https://doi.org/10.1126/science.aan4380>
7. Razgour, O., Forester, B., Taggart, J. B., Bekaert, M., Juste, J., Ibáñez, C., ... & Manel, S. (2019). Considering adaptive genetic variation in climate change vulnerability assessment reduces species range loss projections. *PNAS*, 116(21), 10418–10423. <https://doi.org/10.1073/pnas.1820663116>
8. Zurell, D., Franklin, J., König, C., Bouchet, P. J., Dormann, C. F., Elith, J., ... & Merow, C. (2020). A standard protocol for reporting species distribution models. *Ecography*, 43(9), 1261–1277. <https://doi.org/10.1111/ecog.04960>
9. Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Huey, R. B., Sheldon, K. S., Ghalambor, C. K., Haak, D. C., & Martin, P. R. (2008). Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *PNAS*, 105(18), 6668–6672. <https://doi.org/10.1073/pnas.0709472105>
10. Urban, M. C., Bocedi, G., Hendry, A. P., Mihoub, J. B., Pe'er, G., Singer, A., ... & Travis, J. M. (2016). Improving the forecast for biodiversity under climate change. *Science*, 353(6304), aad8466. <https://doi.org/10.1126/science.aad8466>

İQLİM DƏYİŞİKLİYİNİN HƏŞƏRAT GENETİK MÜXTƏLİFLİYİNƏ TƏSİRİNİN BIOİNFORMATİK VƏ SÜNİ İNTELLEKT YANAŞMALARI İLƏ PROQNOZLAŞDIRILMASI

Xülasə:

Bu icmal məqaləsində iqlim dəyişikliyinə həşəratların genetik müxtəlifliyinə olan potensial təsirləri araşdırılmış və bu təsirləri proqnozlaşdırmaq üçün istifadə edilən bioinformatik və sünə intellekt yanaşmaları sistemli şəkildə təhlil edilmişdir. Müasir tədqiqatlar göstərir ki, iqlim dəyişkənliyi gen axınının zəifləməsi və genetik variasiyanın azalması ilə nəticələnə bilər. Bioinformatik alətlər, genetik markerlərin təhlilində geniş istifadə olunur, sünə intellekt modelləri isə iqlim-genom qarşılıqlı təsirlərini öyrənmək və gələcək riskləri proqnozlaşdırmaq üçün perspektivli yanaşmalar təqdim edir. Bu icmal məqaləsi, həşəratların genetik müxtəlifliyinə iqlim dəyişkənliyinin təsirini bioinformatik və sünə intellekt əsaslı yanaşmalar vasitəsilə proqnozlaşdırmağı təklif edən yenilikçi metodologiya təqdim edir. Daha əvvəlki tədqiqatlardan fərqli olaraq, bioinformatik vasitələrlə molekulyar markerlər (COI və SNP) ilə ekoloji dəyişənləri integrativ təhlil edən və sünə intellekt modelləri (Random Forest, SVM, XGBoost və DNN) vasitəsilə genetik müxtəlifliyin gələcək dəyişikliklərini çoxparametrlə şəkildə proqnozlaşdırmağa kompleks bir yanaşma təklif olunur. Nəticədə, biomühafizə sahəsində erkən xəbərdarlıq sistemlərinin yaradılması üçün elmi əsaslı proqnoz mexanizmi təqdim edilir.

Açar sözlər: *İqlim Dəyişikliyi, Həşəratlar, Genetik Müxtəliflik, Bioinformatika, Sünə İntellekt, SNP, COI*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НАСЕКОМЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОИНФОРМАТИКИ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Резюме:

В данном обзорном исследовании были изучены потенциальные последствия изменения климата для генетического разнообразия насекомых, а также систематически проанализированы биоинформационные и искусственные интеллектуальные подходы, используемые для прогнозирования этих эффектов. Современные исследования показывают, что климатическая изменчивость может привести к ослаблению генного потока и снижению генетической вариативности. Биоинформационные инструменты широко применяются для анализа генетических маркеров, тогда как модели искусственного интеллекта предлагают перспективные подходы для изучения климат-геномных взаимодействий и прогнозирования будущих рисков. Данный обзор представляет инновационную методологию прогнозирования воздействия климатических изменений на генетическое разнообразие насекомых с использованием биоинформационных и ИИ-ориентированных методов. В отличие от предыдущих исследований, предлагается комплексный подход, интегрирующий экологические

переменные с молекулярными маркерами (COI и SNP) при помощи биоинформатики, а также использующий модели искусственного интеллекта (Random Forest, SVM, XGBoost и DNN) для многопараметрического прогнозирования будущих изменений в генетическом разнообразии. В результате представляется научно обоснованный механизм прогнозирования, который может быть использован для создания систем раннего предупреждения в области охраны биоразнообразия.

Ключевые слова: *Изменение Климата, Насекомые, Генетическое Разнообразие, Биоинформатика, Искусственный Интеллект, SNP, COI*

IN NAVIGATION TECHNOLOGIES, THE WIDESPREAD USE OF 3D NAVIGATION SYSTEMS AND 3D MAPS

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537866>

Günay HƏSƏNOVA

0000-0001-9794-9850

demirovagunay19@gmail.com

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənnayə Universiteti

Abstract. 3D navigation provides a more immersive and accurate experience, unlike traditional 2D maps. It allows users to visualize their surroundings and provides a more realistic representation of the world. When comparing 2D and 3D mapping, there are several key differences in functionalities to consider. 2D mapping primarily focuses on capturing the area and view of a location, while 3D mapping additionally encompasses height data, volumes, and even 4D elements like time. When it comes to mapping, both 2D and 3D technologies have their unique advantages and applications. The primary difference between the two lies in the representation of data. 2D mapping focuses on flat representations with only two dimensions, namely length and width, while 3D mapping also incorporates depth, adding a third dimension to the data. In the world of mapping, both 2D and 3D methods have their unique challenges and errors. One of the primary concerns in mapping is resolution, which directly impacts the accuracy of the collected data. In 2D mapping, resolution is often an issue because objects and terrain are represented in a flattened form. This can lead to inaccuracies when measuring distances or estimating heights. Error correction in 2D mapping can be difficult because correcting an error in one part of the map can lead to errors in other parts. This can be particularly problematic in areas with dense built-up areas or steep gradients, where a lack of depth information can lead to inaccurate or incomplete mapping.

Key words: 3D navigation, map, mapping, 2D.

1.Introduction. One of the main trends in navigation technology is the use of 3D navigation systems that provide immersive and accurate perception. Autonomous navigation and remote sensing allow cars, robots and other devices to move without human intervention, increasing safety and reducing travel time.

Unlike traditional two-dimensional maps, 3D navigation provides a more complete immersion and accuracy of perception. It allows users to visualize their surroundings and provides a more realistic representation of the world. The technology

allows navigation in urban environments where buildings and other structures interfere with the view of traditional maps.

Using 3D navigation, users have a better understanding of the environment and are easier to navigate in it. In addition, 3D navigation provides more accurate directions, taking into account elevation differences that affect travel time, such as hills or bridges.

Where is 3D used?

1. Movie Space offers 3D outdoor navigation.

Italian startup Mowi Space is creating applications to provide a digital outdoor sports experience. It offers online and offline 3D maps with real-time information about trails, slopes, weather conditions, ski lift openings and closures, and local events. The startup is developing Mowi Bike, a mobile app for cyclists and families. Mowi Snow is an application for skiing, ski tours and other snow activities.

These apps also provide information about the location of a family or group of friends during hiking and other outdoor adventures. Mowi Space allows adventurers, families and friends to locate and collaborate with each other, as well as enhance the outdoor recreation experience.

Portuguese startup mOceanSense is developing solutions for evaluating the results of athletes involved in marine sports in real time. The system receives accurate 3D navigation data about the sea to analyze statistical data on athletes' results and optimize the surfboard.

The startup also uses geolocation, orientation and direction systems, as well as 3D water flow sensors to measure the speed, displacement and direction of movement of surfboards. mOceanSense empowers communities of board and water sports enthusiasts by providing information about athletes' performance.

2. Urban planning

Today, most cities lack basic resources such as water, electricity and living space. The problem can be attributed to improper planning. Incorporating 3D technology into GIS can help city agencies, architects, and engineers envision, evaluate, and analyze what certain changes in a city will look like and how those changes can meet the needs of future generations. A typical 3D model will consist of building information, satellite imagery, and traffic data that can be used by urban planners to effectively find alternative solutions and respond to emergencies.

3. BIM

Building Information Modeling (BIM) is an important technology that depicts real environmental conditions. The combination of BIM and GIS provides the necessary know-how to build a reliable model. The combination of 3D GIS and BIM can help create error-free construction management plans that ultimately allow for more detailed data analysis.

Modeling and analysis of coastal areas.

Coastal areas are important because they are home to ports that connect the country to the rest of the world. It is important for planners to understand the factors that influence the construction and preservation of ports, fisheries, and mining. Efficient and effective resource planning using 3D GIS can provide some level of understanding of economic, environmental issues along the coast.

Responding to natural disasters

3D GIS can help people and community organizations better cope with disasters. In the event of a disaster, detailed mapping can provide an objective view of what happened to response teams, informing them about the environment. 3D GIS will also provide the following information:

- exact coordinates of the disaster site and the best route for rescue teams;

- a detailed image of the terrain, including terrain type;

- alternative routes for evacuation of people.

3d map.

When it comes to mapping, both 2D and 3D technologies have their unique advantages and applications. The main difference between the two is in the representation of data. 2D mapping focuses on flat representations with only two dimensions, namely length and width, while 3D mapping incorporates depth by adding a third dimension to the data.

2D mapping technology: Traditional mapping techniques such as cartography or topographic surveying make extensive use of 2D technology. Geographic Information Systems (GIS) also use 2D mapping technology to represent geographic information on a flat surface, such as maps or computer screens.

GPS devices and navigation systems also primarily use 2D mapping because they display map data in a flat, easy-to-understand form. Basic equipment for 2D mapping includes GPS devices, paper maps, digitizers and specialised GIS analysis software.

3D mapping technology: 3D mapping technology, on the other hand, goes beyond flat representations and provides a more accurate and realistic understanding of geographical features and objects. For example, LIDAR (Light Detection and Ranging) is a remote sensing technology that uses lasers to collect distance, elevation and terrain features. This technology enables the creation of detailed and accurate 3D models of landscapes and objects.

Equipment used for 3D mapping includes LIDAR sensors, aerial photogrammetry devices such as drones, and advanced computer software for processing and visualisation.

In conclusion, the differences between 2D and 3D mapping technologies are significant and each has advantages and disadvantages. While 2D mapping is still ideal

for basic geographic representations and simple visualisation, 3D mapping provides increased accuracy and realism capable of meeting the requirements of applications ranging from urban planning to natural resource exploration.

2.Differences in functionality.

When comparing 2D and 3D mapping, there are a few key differences in functionality to consider. 2D mapping is primarily focused on displaying area and terrain views, while 3D mapping additionally includes elevation, volume, and even 4D elements such as time.

Firstly, 2D cartography is used to display information on flat surfaces such as roads, buildings or other geographical objects. This type of mapping tends to be easier to create and interpret because it lacks the complex data that may be present in 3D mapping. While 2D mapping is useful for understanding the location and relationships between objects in an area, it is unable to convey depth, volume, or change over time.

On the other hand, 3D mapping conveys the spatial geometry of objects or places, including height and depth, which allows for a more accurate representation of the physical world. This type of mapping provides a richer view of the environment as it displays objects according to their actual size. The use of 3D mapping in various industries such as construction, surveying and disaster management is becoming increasingly popular as it allows for more accurate decision making and planning based on more complete data.

One of the main aspects that differentiate 3D mapping from 2D mapping is the ability to represent volumes of objects or locations. By including elevation and depth information, 3D mapping allows professionals to calculate volumes, which can be useful in fields such as mining, reservoir analysis, and urban planning.

In addition, 3D mapping can be combined with other dimensions, such as time, to create 4D mapping. This technology allows you to analyse changes over time, such as the movement of structures or objects, the progress of construction projects or the flow of water in a river. 4D mapping can help professionals make more informed decisions by better understanding how a particular area or object may change over time.

Thus, while 2D mapping remains useful for simpler tasks and applications, 3D mapping provides more detailed and accurate information about the environment, including volumes and changes over time. This additional information can greatly improve decision-making and planning in a wide variety of industries.

3.Problems and errors.

In the world of mapping, both 2D and 3D methods have their own unique problems and errors. One of the main challenges in mapping is resolution, which directly affects the accuracy of the data collected.

In 2D mapping, resolution is often an issue because objects and terrain are represented in a flattened form. This can lead to inaccuracies when measuring distances

or estimating heights. Error correction in 2D mapping can be difficult because correcting an error in one part of the map can lead to errors in other parts. This can be particularly problematic in areas with dense built-up areas or steep gradients, where a lack of depth information can lead to inaccurate or incomplete mapping.

3D mapping, on the other hand, provides a more accurate representation of space by using depth information to model objects and topography. However, this presents challenges such as handling occlusions, acquiring and processing large amounts of data, and maintaining the accuracy of the 3D model. The increased complexity of 3D mapping algorithms can lead to over-consumption of computational resources and increased processing time.

Errors in 3D mapping can be caused by various factors, such as the accuracy of the sensors used - lidar, cameras or RADAR - and the algorithms used to detect and match objects. Noise introduced by the environment, such as lighting conditions and object motion, can also be a source of error in 3D mapping.

In general, both 2D and 3D mapping face a number of challenges including resolution and error management. While 2D mapping often faces problems due to the lack of depth information, 3D mapping faces the challenges of handling large amounts of data and more complex algorithms.

4.Conclusion. In conclusion it is proposed to extend the use of 3D navigation instead of 2D navigation. As it is written above today both 2D and 3D navigation and mapping are used in industry, infrastructure and everyday life. In 2D mapping there are often problems with resolution because objects and terrain are represented in a flattened form, which leads to inaccuracies when measuring distances or estimating heights. Error correction in 2D mapping can be difficult because correcting an error in one part of the map can lead to errors in other parts. Naturally, as mentioned above 3D navigation also has its own errors, such as the accuracy of the sensors, cameras used, noise introduced by the environment. But compared to its previous generation, 3D mapping and navigation has much better quality indicators. And removing and solving the problems with errors is the most acceptable. Therefore it is proposed to replace the old generation of navigation and mapping with the new generation. And also to solve the problems with errors. For example, by improving the software first of all we can solve the main problem with algorithmic calculations. Reduce computational resources and computation time.

References:

1. <https://www.mapbox.com/blog/mapbox-3d-navigation> Arundel, A. and R. Kemp (2009). Measuring eco-innovation. United Nations University - Maastricht Economic and Social Research and Training Centre on Innovation and Technology. Maastricht, UNU-MERIT #2009-017.

2. <https://www.jnjmedtech.com/en-US/product-family/3d-navigation>.
3. BMBF. (2010). "WiN – Wirtschaftswissenschaften für Nachhaltigkeit / Economics for Sustainability." from <http://www.fona.de/de/8324>.
4. Brundtland, G. H. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. World Commission on Environment and Development. New York, United Nations.
5. Chen, Y. S., S. B. Lai and C. T. Wen (2006). "The influence of green innovation performance on corporate advantage in Taiwan." Journal of Business Ethics.
6. Church, R., W. Hecox, S. Dresner's and A. Edwards (2008). Sustainable Development: Oxymoron? Or Opposed by Morons? Sustainable Development - EV 141. Colorado College.
7. Dixon, J. A. and L. A. Fallon (1989). "The concept of sustainability: origins, extensions, and usefulness for policy." Society & Natural Resources.
8. Dresner, S. (2008). Principles of sustainability. London, Earthscan Publications Ltd.
9. Driessen, P. and B. Hillebrand (2002). Adoption and diffusion of green innovations. Marketing for sustainability: towards transactional policy-making. W. Nelissen, Bartels, G. Amsterdam.
10. Faber, A. and K. Frenken (2009). "Models in evolutionary economics and environmental policy: Towards an evolutionary environmental economics." Technological Forecasting and Social Change
11. Foxon, T. J., G. P. Hammond and P. J. G. Pearson (2010). "Developing transition pathways for a low carbon electricity system in the UK." Technological Forecasting and Social Change

Xülasə. Ənənəvi iki ölçülü xəritələrdən fərqli olaraq, 3D naviqasiya daha tam immersion və qavrayış dəqiqliyini təmin edir. İstifadəçilərə ətraflarını vizuallaşdırmağa imkan verir və dünyanın daha real bir görünüşünü təmin edir. 2D və 3D kartoqrafiyanı müqayisə edərkən bir neçə əsas xüsusiyyət fərqi nəzərə alınmalıdır. 2D kartoqrafiya ilk növbədə ərazinin sahəsini və növünü göstərməyi hədəfləyir, 3D kartoqrafiya isə hündürlük, həcm və hətta vaxt kimi 4D elementlər haqqında məlumatları əlavə edir. Kartoqrafiyaya gəldikdə, həm 2D, həm də 3D texnologiyasının özünəməxsus üstünlükləri və tətbiqləri var. İkisi arasındakı əsas fərq məlumatların təqdim edilməsidir. 2D kartoqrafiya yalnız iki ölçüyə, yəni uzunluğa və enə sahib olan düz təsvirlərə yönəldilmişdir, 3D kartoqrafiya isə məlumatlara üçüncü bir ölçü əlavə edərək dərinliyi əhatə edir. Kartoqrafiya dünyasında həm 2D, həm də 3D üsullarının

özünəməxsus problemləri və səhvləri var. Xəritələşdirmədə əsas problemlərdən biri toplanan məlumatların düzgünlüyünə birbaşa təsir edən qətnamədir. 2D xəritələşdirmədə, Obyektlər və ərazi düzlənmiş şəkildə təqdim edildiyi üçün qətnamə çox vaxt problemdir. Bu, məsafələri ölçərkən və ya yüksəklikləri qiymətləndirərkən qeyri-dəqiqliyə səbəb ola bilər. 2D kartoqrafiyada səhvləri düzəltmək çətin ola bilər, çünki xəritənin bir hissəsindəki səhvləri düzəltmək digər hissələrdə səhvlərə səbəb ola bilər. Bu, xüsusilə dərin məlumat çatışmazlığının səhv və ya natamam xəritələşdirməyə səbəb ola biləcəyi sıx inkişaf və ya dik yamaclı ərazilərdə problemli ola bilər.

Açar sözlər: 3D naviqasiya, xəritə, kartoqrafiya, 2D

Аннотация. В отличие от традиционных двухмерных карт, 3D-навигация обеспечивает более полное погружение и точность восприятия. Она позволяет пользователям визуализировать свое окружение и обеспечивает более реалистичное представление мира. При сравнении 2D- и 3D-картографии следует учитывать несколько ключевых различий в функциях. 2D-картография в первую очередь направлена на отображение площади и вида местности, в то время как 3D-картография дополнительно включает в себя данные о высоте, объемах и даже 4D-элементах, таких как время. Когда речь идет о картографии, как 2D, так и 3D-технологии имеют свои уникальные преимущества и области применения. Основное различие между ними заключается в представлении данных. 2D-картография ориентирована на плоские представления, имеющие только два измерения, а именно длину и ширину, в то время как 3D-картография включает в себя глубину, добавляя третье измерение к данным. В мире картографии как 2D, так и 3D-методы имеют свои уникальные проблемы и ошибки. Одной из главных проблем при картографировании является разрешение, которое напрямую влияет на точность собранных данных. При 2D-картографировании разрешение часто является проблемой, поскольку объекты и местность представлены в упрощенном виде. Это может привести к неточностям при измерении расстояний или оценке высот. Исправление ошибок в 2D-картографии может быть затруднено, поскольку исправление ошибки в одной части карты может привести к ошибкам в других частях. Это может быть особенно проблематично в районах с плотной застройкой или крутыми уклонами, где недостаток информации о глубине может привести к неточному или неполному картографированию.

Ключевые слова: 3D-навигация, карта, картография, 2D

SƏNAYE 4.0-DA DATA ANALİTİKASININ ROLU

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537886>

Səriyə QASIMOVA

tetbiqkepr94@gmail.com

ORCID № : 0000-0001-9101-9070

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Xülasə

Sənaye 4.0 və data analitikası bir-biri ilə sıx bağlıdır və data analitikası Sənaye 4.0-ın tam potensialını işə salmaqda mühüm rol oynayır. Sənaye 4.0 ağıllı, əlaqəli fabriklər və təchizat zəncirləri yaratmaq üçün rəqəmsal texnologiyalardan və Əşyaların İnternetindən (IoT) istifadəni nəzərdə tutur. Sənaye 4.0-da data analitikasının tətbiqi real vaxt rejimində müxtəlif mənbələrdən böyük həcmdə məlumatların toplanması, təhlili və şərh edilməsi üçün qabaqcıl texnologiyalar və texnikaların istifadəsini nəzərdə tutur. Bu, təşkilatlara əməliyyat səmərəliliyini, məhsuldarlığını və gəlirliliyini artıran datalara əsaslanan qərarlar qəbul etməyə imkan verir. Sənaye 4.0-da data analitikasının üstünlüklərinə təkmilləşdirilmiş proqnozlaşdırıcı texniki xidmət, artan avtomatlaşdırma, təkmilləşdirilmiş təchizat zəncirinin idarə edilməsi, daha yaxşı keyfiyyətə nəzarət və optimallaşdırılmış istehsal prosesləri daxildir. Sənaye 4.0-da data analitikasının tətbiqi bir çox üstünlüklər təqdim etsə də, təşkilatların qarşılaşa biləcəyi bir sıra problemlər də var. Data analitikası Sənaye 4.0-da mühüm rol oynayır və istehsalçılara prosesləri optimallaşdırmağa, xərcləri azaltmağa və məhsulun keyfiyyətini yaxşılaşdırmağa imkan verir. Data analitikası Sənaye 4.0-ın bütün potensialını açmaq üçün açardır. Qabaqcıl analitik üsullardan istifadə etməklə təşkilatlar nümunələri, tendensiyaları və anomaliyaları müəyyən etmək üçün böyük həcmdə məlumatları təhlil edə bilirlər. Data analitikası maşınların nasazlıqlarını proqnozlaşdırmaq, istehsal proseslərini optimallaşdırmaq, məhsulun keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün istifadə edilə bilər. Data analitikası texnologiyası inkişaf etməyə davam etdikcə, istehsalçılar öz əməliyyatları haqqında daha da dərinlən məlumat əldə edə biləcəklər, nəticədə daha da optimallaşdırma və rəqabət qabiliyyəti artacaq. Ümumiyyətlə, Sənaye 4.0-da data analitikasının tətbiqi dördüncü sənaye inqilabının sürətlə inkişaf edən mənzərəsində rəqabətə davamlı və innovativ qalmaq istəyən təşkilatlar üçün böyük vədlər verir.

Açar sözlər: Sənaye 4.0, Data, Big Data, Süni intellekt, Əşyaların İnterneti, Maşın Öyrənməsi, Rəqəmsal Transformasiya

1. Giriş

Sənaye 4.0, süni intellekt (AI), Əşyaların İnterneti (IoT), Big Data və robototexnika kimi qabaqcıl texnologiyaların sənaye proseslərinə inteqrasiyası ilə xarakterizə olunan dördüncü

sənaye inqilabıdır. Sənaye 4.0 həm də istehsal sənayesinin rəqəmsal transformasiyası kimi tanınır və o, məhsulların dizayn, istehsal və çatdırılma üsullarını dəyişir.

Birinci sənaye inqilabı istehsal proseslərini mexanikləşdirmək üçün su və buxar enerjisindən istifadəni əhatə edirdi. İkinci sənaye inqilabı elektrik enerjisi və kütləvi istehsal, üçüncü sənaye inqilabı isə elektronika, kompüterlər və avtomatlaşdırmanın istifadəsini gətirdi. Sənaye 4.0, əvvəlkilər üzərində qurulan və yeni texnoloji imkanlar əlavə edən ən son inqilabdır.

Sənaye 4.0 yüksək inkişaf etmiş avtomatlaşdırma və rəqəmsallaşma prosesləri, elektronika və İT ilə istehsal və xidmətlər üzrə xarakterizə olunur [11], nəticədə istehsal proseslərini avtonom şəkildə idarə edə bilən ağıllı fabriklər yaranır. Sensorları və digər cihazları maşın və məhsullara integrasiya etməklə istehsalçılar öz əməliyyatlarının müxtəlif aspektləri haqqında çoxlu məlumat toplaya bilirlər. Daha sonra bu məlumatlar istehsal proseslərini optimallaşdırmaq, məhsulun keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq və xərcləri azaltmaq üçün AI və digər qabaqcıl analitik vasitələrdən istifadə etməklə real vaxt rejimində təhlil edilə bilər.

Sənaye 4.0 həm də istehsalda daha çox çevikliyə imkan verir, çünki fabriklər şüurlu qərarlar qəbul etmək üçün verilənlərə əsaslanan anlayışlardan istifadə etməklə dəyişən tələblərə tez uyğunlaşa bilirlər. Bundan əlavə, Sənaye 4.0 məhsulların daha çox fərdiləşdirilməsinə imkan verir, çünki istehsalçılar fərdi müştəri ehtiyaclarına uyğunlaşdırılmış fərdi məhsullar yaratmaq üçün data analitikasından istifadə edə bilirlər.

Sənaye 4.0-ın əsas xüsusiyyətlərindən biri qərar qəbul etmək üçün data analitikasından istifadə etməkdir. Sensorlar və digər qurğular tərəfindən yaradılan böyük həcmdə məlumatların toplanması və təhlili ilə istehsalçılar öz əməliyyatları haqqında məlumat əldə edə və optimallaşdırma imkanlarını müəyyən edə bilirlər.

Data analitikası çox vaxt xüsusi proqram və ya alətlərdən istifadə etməklə datasetlərdən anlayışların və faydalı məlumatların çıxarılması prosesidir. Bu, dataları tədqiqini, təmizlənməsini və dəyişdirilməsini, sonra onları təhlil etmək və nümunələri (patterns) müəyyən etmək üçün statistik və hesablama üsullarını tətbiq etməyi əhatə edir.

Data analitikası maliyyə, səhiyyə, marketinq və idman da daxil olmaqla müxtəlif sahələrdə istifadə oluna bilər. Məsələn, maliyyə institutları saxta əməliyyatları aşkar etmək üçün data analitikasından istifadə edə bilər, səhiyyə işçiləri isə diaqnoz və müalicəni təkmilləşdirmək üçün xəstə məlumatlarında nümunələri müəyyən etmək üçün istifadə edə bilər. İdmanda data analitikası oyunçu performansını təhlil etmək və məşqçi qərarlarını məlumatlandırmaq üçün istifadə olunur.

Data analitikası son illərdə müəssisələr, təşkilatlar və fərdlər tərəfindən yaradılan böyük həcmli məlumatlara görə getdikcə daha çox əhəmiyyət kəsb edir. Bu məlumatlar sensorlar, sosial media, əməliyyatlar və sorğular kimi müxtəlif mənbələrdən əldə edilə bilər. Bu məlumatları təhlil edərək, müəssisələr müştərilərin davranışı, bazar tendensiyaları, əməliyyat səmərəliliyi və onlara əsaslandırılmış qərarlar qəbul etməyə kömək edə biləcək digər sahələr haqqında məlumat əldə edə bilər.

Ümumilikdə, data analitikası Sənaye 4.0-da mühüm rol oynayır və istehsalçılara prosesləri optimallaşdırmağa, xərcləri azaltmağa və məhsulun keyfiyyətini yaxşılaşdırmağa imkan

verir. Data analitikası texnologiyası inkişaf etməyə davam etdikcə, istehsalçılar öz əməliyyatları haqqında daha da dərinlən məlumat əldə edə biləcəklər, nəticədə daha da optimallaşdırma və rəqabət qabiliyyəti artacaq.

2.Data analitikasının mahiyyəti

Data anlayış və bilik əldə etmək üçün emal edilə və ya təhlil edilə bilən hər hansı faktlar, rəqəmlər və ya statistika toplusuna aiddir. Datalar mətn, şəkillər, audio və ya ədədi dəyərlər kimi müxtəlif formalarda ola bilər və sensorlar, sosial media, sorğular və ya əməliyyatlar daxil olmaqla müxtəlif mənbələrdən əldə edilə bilər.

Data işlənməmiş(ilkin) və ya işlənmiş, strukturlaşdırılmış və ya strukturlaşdırılmamış ola bilər.İlkin datalar heç bir şəkildə işlənməmiş və ya təşkil edilməmiş datalara, işlənmiş datalar isə təmizlənmiş, dəyişdirilmiş və ya birləşdirilmiş datalara aiddir. Strukturlaşdırılmış datalar verilənlər bazası kimi əvvəlcədən müəyyən edilmiş formatda təşkil edilmiş datalara, strukturlaşdırılmamış datalar isə mətn və ya şəkillər kimi əvvəlcədən müəyyən edilmiş formata malik olmayan datalara aiddir.

Data süni intellekt, maşın öyrənməsi və data analitikası da daxil olmaqla bir çox müasir texnologiyaların əsasını təşkil edir. Əslində, datalar data analitikası vasitəsilə anlayışlar və biliklər yaratmaq üçün istifadə olunan xammaldır. Data olmadan data analitikası mövcud ola bilməz.

Data analitikasının mahiyyəti ilkin dataları anlayışlara, biliyə və hərəkətə keçə bilən datalara çevirmək prosesidir. Fərdlər, müəssisələr və təşkilatlar tərəfindən yaradılan artan data miqdarı bu dataları anlamlandırmaq və gizli nümunələri və anlayışları aşkar etmək üçün data analitikasına ehtiyac yaratdı. Data analitika prosesi statistik və riyazi üsullardan istifadə edərək məlumatların toplanması, təmizlənməsi, işlənməsi və təhlilini əhatə edir.

Data analitikası verilənlərdən mənalı fikirlər çıxarmaq üçün statistika, riyaziyyat, kompüter elmləri və sahəyə aid bilikləri birləşdirən multidissiplinar sahədir. Səktarlığın təhlili, tövsiyə sistemləri, sənaye xətlərinin aşkarlanması, idarəetmə, maşın məlumatları, nəqliyyat, bazar təhlili, istehsal təhlili və yeni məhsul tövsiyəsi sənaye data analitikası ilə əlaqəli əsas sahələrdir.[2] Data analitikası keçmişdə baş verənləri anlamaq üçün dataların ümumiləşdirilməsini və vizuallaşdırılmasını nəzərdə tutan təsviri analitika da daxil olmaqla bir neçə fərqli texnikanı əhatə edir: keçmiş məlumatlar əsasında gələcək nəticələr haqqında proqnozlar vermək üçün statistik və maşın öyrənmə üsullarından istifadə edən proqnozlaşdırıcı analitika və istənilən nəticəyə nail olmaq üçün hansı tədbirlərin görülməsi barədə tövsiyələr vermək üçün optimallaşdırma alqoritmlərindən istifadəni nəzərdə tutan reseptiv analitika.

Data analitikasının dəyəri onun dataları daha yaxşı qərarlar qəbul etmək, yeni imkanları müəyyən etmək və prosesləri optimallaşdırmaq üçün istifadə edilə bilən faydalı məlumata çevirmək qabiliyyətindədir. Dataları təhlil edərək, müəssisələr müştəri davranışı, bazar tendensiyaları və əməliyyat səmərəliliyi haqqında məlumat əldə edə bilərlər.

Əslində, data analitikası dataları dəyərə çevirməkdən ibarətdir. Bugünkü dataya əsaslanan dünyada data analitikası müxtəlif sənaye sahələrində biznes və təşkilatlar üçün vacib alətə

çevrilib. Məlumat toplamaq, təhlil etmək və şərh etmək bacarığı uğur üçün çox vacibdir və data analitikasından istifadə edən təşkilatlar gələcək illərdə daha yaxşı mövqe tutacaqlar.

3. Sənaye 4.0 və data analitikasının qarşılıqlı əlaqəsi. Data analitikanın Sənaye 4.0-da tətbiqinin üstünlükləri.

Sənaye 4.0 və data analitikası bir-biri ilə sıx bağlıdır və data analitikası Sənaye 4.0-ın tam potensialını işə salmaqda mühüm rol oynayır. Sənaye 4.0 ağıllı, əlaqəli fabriklər və təchizat zəncirləri yaratmaq üçün rəqəmsal texnologiyalardan və Əşyaların İnternetindən (IoT) istifadəni nəzərdə tutur. Bu rəqəmsal texnologiyalar sensorlar, maşınlar və digər əlaqəli cihazlardan böyük həcmdə data əldə edərək istehsal proseslərini optimallaşdırmaq, keyfiyyəti yaxşılaşdırmaq və xərcləri azaltmaq üçün istifadə edilə bilən zəngin data yaradır.

Data analitikası Sənaye 4.0-ın bütün potensialını açmaq üçün açardır. Qabaqcıl analitik üsullardan istifadə etməklə təşkilatlar nümunələri, tendensiyaları və anomaliyaları müəyyən etmək üçün böyük həcmdə məlumatları təhlil edə bilirlər. Data analitikası maşınların nasazlıqlarını proqnozlaşdırmaq, istehsal proseslərini optimallaşdırmaq, məhsulun keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün istifadə edilə bilər.

Sənaye 4.0-da data analitikasının tətbiqinin bir çox üstünlükləri var. Əsas üstünlüklərdən bəziləri bunlardır:

1. Təkmilləşdirilmiş istehsal səmərəliliyi: Data analitikası istehsal proseslərinə nəzarət etmək və təhlil etmək, səmərəsizliyi müəyyən etmək və istehsal iş axınlarını optimallaşdırmaq üçün istifadə edilə bilər. Bu, dayanma müddətini azaltmağa, tullantıları minimuma endirməyə və istehsal səmərəliliyini artırmağa kömək edə bilər.
2. Təkmilləşdirilmiş məhsul keyfiyyəti: Sensorlardan və digər mənbələrdən alınan məlumatları təhlil edərək, data analitikası məhsullardakı potensial qüsurları və ya keyfiyyət problemlərini müəyyən edə bilər. Digər tərəfdən, bazar və müştəri tələbinin təhlili məhsul dizaynını təkmilləşdirmək üçün istifadə edilə bilər.[4] Bu, məhsulun keyfiyyətini yaxşılaşdırmağa və geri çağırılma ehtimalını azaltmağa kömək edə bilər.
3. Proqnozlaşdırılan texniki xidmət: Data analitikası maşın və ya avadanlıqların nə vaxt uğursuz olacağını proqnozlaşdırmaq üçün istifadə edilə bilər. Bu, təmir işlərini proaktiv şəkildə planlaşdırmağa, dayanma müddətini azaltmağa və avadanlığın ümumi effektivliyini artırmağa kömək edə bilər.
4. Təchizat zəncirinin optimallaşdırılması: Data analitikası təchizatçılar, logistika tərəfdaşları və müştərilərin məlumatlarını təhlil edərək tədarük zəncirini optimallaşdırmaq üçün istifadə edilə bilər. Bu, inventar səviyyələrini optimallaşdırmağa, çatdırılma müddətlərini yaxşılaşdırmağa və xərcləri azaltmağa kömək edə bilər.
5. Təkmilləşdirilmiş müştəri təcrübəsi: Data analitikası, müştərilərlə qarşılıqlı əlaqədən əldə edilən məlumatları təhlil edərək müştəri davranışı və seçimləri haqqında məlumat verə bilər. Bu, ümumi müştəri təcrübəsini təkmilləşdirərək marketinq və müştəri xidmətləri ilə qarşılıqlı əlaqəni fərdiləşdirməyə kömək edə bilər.

6. Xərclərə qənaət: İstehsal proseslərini optimallaşdırmaq, məhsulun keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq, dayanma müddətini azaltmaq və təchizat zəncirini optimallaşdırmaqla data analitikası xərcləri azaltmağa və gəlirliliyi artırmağa kömək edə bilər.

Sənaye 4.0-da data analitikasının tətbiqi təkmilləşdirilmiş səmərəlilik, keyfiyyət, proqnozlaşdırıcı texniki xidmət, təchizat zəncirinin optimallaşdırılması, fərdiləşdirilmiş marketing, real vaxt rejimində monitoring və təkmilləşdirilmiş qərar qəbulu da daxil olmaqla çoxsaylı üstünlüklər təklif edir.

4.Data analitikanın Sənayə 4.0-da tətbiqi zamanı qarşıya çıxan çətinliklər

Sənaye 4.0-da data analitikasının tətbiqi bir çox üstünlüklər təqdim etsə də, təşkilatların qarşılaşa biləcəyi bir sıra problemlər də var. Sənaye 4.0-da data analitikasının tətbiqi ilə bağlı bəzi çətinliklərə aşağıdakılar daxildir:

1. Datanın Keyfiyyəti: Verilənlərin dəqiqliyi və tamlığı effektiv data analitikası üçün vacibdir. Sənaye 4.0-da sensorlar və digər qoşulmuş cihazlardan yaradılmış idarə edilməsi çətin və səhvlər və ya uyğunsuzluqları ola bilən çox miqdarda data var.
2. Datanın integrasiyası: Təşkilatlarda müxtəlif sistemlərdə və ya formatlarda saxlanılan datalar ola bilər, bu da dataları effektiv şəkildə integrasiya və təhlil etməyi çətinləşdirir. Dataların integrasiyası məlumatların idarə edilməsi və təhlilinə standartlaşdırılmış yanaşma tələb edir.
3. Datanın Təhlükəsizliyi: Verilənlərin təhlükəsizliyi, xüsusilə də istehsal edilən və ötürülən çoxlu sayda həssas məlumatın olduğu Sənaye 4.0-da çox vacibdir. Təşkilatlar dataları kibertəhlükələrdən qorumaq üçün təhlükəsizlik tədbirləri görməlidirlər.
4. Kadr çatışmazlığı: Məlumatları effektiv şəkildə idarə edə və təhlil edə bilən ixtisaslı mütəxəssis çatışmazlığı var. Bu, təşkilatların data analitikası təşəbbüslərini effektiv şəkildə həyata keçirmələrini və idarə etmələrini çətinləşdirə bilər.
5. Köhnə Sistemlər: Bir çox təşkilatlarda yeni data analitikası texnologiyaları ilə uyğun gəlməyən köhnə sistemlər var. Data analitikası təşəbbüslərini tam dəstəkləmək üçün bu sistemlərin təkmilləşdirilməsi və ya dəyişdirilməsi tələb oluna bilər.
6. Xərc: Data analitikası təşəbbüslərinin həyata keçirilməsi xüsusilə kiçik və orta biznes üçün baha başa gələ bilər. Texnologiyanın, kadrların və infrastrukturun dəyəri əhəmiyyətli ola bilər, bu da bəzi təşkilatların investisiyanı əsaslandırmasını çətinləşdirir.

Sənaye 4.0-da data analitikasının tətbiqinin bir çox üstünlükləri olsa da, dataların keyfiyyəti, dataların integrasiyası, dataların təhlükəsizliyi, kadrçatışmazlığı, köhnə sistemlər və xərclər də daxil olmaqla bir sıra problemlər var. Sənaye 4.0-da data analitikasının faydalarını tam həyata keçirmək üçün təşkilatlar bu problemləri effektiv şəkildə həll etməlidirlər.

5.Nəticə və gələcək perspektivlər

Sənaye 4.0-da data analitikasının tətbiqi hələ ilkin mərhələdədir, lakin bu sahə sürətlə inkişaf edir. Süni intellektin (AI) və maşın öyrənməsinin (ML) istifadəsinin artacağı gözlənilir ki, bu da istehsal proseslərinin daha mürəkkəb təhlili və proqnozlaşdırılmasına imkan verir. Həmçinin daha yaxşı qərarların qəbul edilməsinə və daha səmərəli istehsal proseslərinə səbəb ola bilər.

Sənaye 4.0-da data analitikasının tətbiqinin daha təkmil proqnozlaşdırıcı texniki xidmət strategiyalarına gətirib çıxaracağı gözlənilir. Qoşulmuş cihazlardan alınan məlumatları təhlil edərək, təşkilatlar avadanlığın nə vaxt sıradan çıxma biləcəyini proqnozlaşdırmaqla bilər ki, bu da texniki xidmətin aktiv şəkildə planlaşdırılmasına imkan verir. Əşyaların İnternetinin (IoT) böyüməyə davam edəcəyi gözlənilir ki, bu da qoşulmuş cihazlar tərəfindən yaradılan məlumatların daha da böyük həcmində gətirib çıxarır.

Blokçeyn texnologiyasının qoşulmuş cihazlar tərəfindən yaradılan dataların təhlükəsizliyini artıracağı gözlənilir. Blokçeyn texnologiyası məlumatların saxlanması və paylaşılması üçün təhlükəsiz və şəffaf üsul təmin edə bilər ki, bu da kiberhücumların data təhlükəsizliyini pozmasını çətinləşdirir. Sənaye 4.0-da data analitikasının tətbiqinin daha da ağıllı fabriklərin inkişafına səbəb olacağı gözlənilir. Ağıllı fabriklər istehsal proseslərini optimallaşdırmaq, tullantıları azaltmaq və ümumi səmərəliliyi artırmaq üçün data analitikasından və IoT-dan istifadə edir. Ağıllı fabriklər daha çevik istehsal proseslərinə imkan verən tələb dəyişikliklərinə tez cavab verə bilər.

Nəticə olaraq, Sənaye 4.0-da data analitikasının tətbiqi böyümə və inkişaf üçün əhəmiyyətli perspektivlər təklif edir. Süni intellekt və maşın öyrənməsi, proqnozlaşdırıcı texniki xidmət, əşyaların interneti, blokçeyn texnologiyası və ağıllı fabriklərdən istifadənin Sənaye 4.0-ın gələcəyində mühüm rol oynaması gözlənilir. Data analitikası inkişaf etməyə davam etdikcə, o, müəssisələrə istehsal proseslərini optimallaşdırmaq, xərcləri azaltmaq və ümumi səmərəliliyi artırmaq üçün daha çox imkanlar verəcək.

ƏDƏBİYYAT

1. "Big Data Analytics in Industry 4.0: A Survey" by S. Sivarajah, M. Kamal, S. Irani, and Z. Weerakkody
2. "Big Data Challenges and Opportunities in the Hype of Industry 4.0" by Maqbool Khan, Xiaotong Wu, Xiaolong Xu, Wanchun Dou
3. "The application of big data analytics in Industry 4.0 environment: challenges and opportunities" by B. Huang, Q. Xu, and K. Liu
4. "Big Data Analytics for Manufacturing Internet of Things: Opportunities, Challenges and Enabling Technologies" by Hong-Ning Dai, Hao Wang, Guangquan Xu, Jiafu Wan, Muhammad Imran
5. "Industry 4.0 and the Internet of Things – A Review of the Current Literature and Future Trends" by S. V. Matheus, F. M. Santos, F. C. Pereira, and M. V. Silva

6. "Machine Learning and Industry 4.0: A Narrative Systematic Literature Review" by A. García-Sánchez, E. L. Zapata-Ros, M. J. Delgado-Sánchez, and E. L. Ayuga-Téllez
7. "Data Analytics in Manufacturing Industry: A Comprehensive Survey" by M. R. Samal, K. M. Kini, and K. Prabhu
8. "A review of the application of big data analytics in smart manufacturing" by J. Zeng, W. Jia, and L. Feng
9. "The role of artificial intelligence and machine learning in Industry 4.0" by P. Sharma, P. Misra, and M. K. Bhatia
10. "Challenges and Opportunities for Big Data Analytics in Industry 4.0" by R. G. Añón-Higón, J. V. García-Sánchez, and J. S. Sánchez-Pérez
11. "Industry 4.0: A Literature Review" by T. Durst and M. Buchroithner

Resume

Industry 4.0 and data analytics are closely related, and data analytics plays an important role in unleashing the full potential of Industry 4.0. Industry 4.0 involves the use of digital technologies and the Internet of Things (IoT) to create smart, connected factories and supply chains. The application of data analytics in Industry 4.0 involves the use of advanced technologies and techniques to collect, analyze, and interpret large amounts of data from various sources in real-time. This enables organizations to make data-driven decisions that enhance their operational efficiency, productivity, and profitability. The benefits of data analytics in Industry 4.0 include improved predictive maintenance, increased automation, enhanced supply chain management, better quality control, and optimized production processes. Although the implementation of data analytics in Industry 4.0 offers many advantages, there are also a number of challenges that organizations may face. Data analytics plays an important role in Industry 4.0 and enables manufacturers to optimize processes, reduce costs and improve product quality. Data analytics is the key to unlocking the full potential of Industry 4.0. By using advanced analytics, organizations can analyze large amounts of data to identify patterns, trends, and anomalies. Data analytics can be used to predict machine failures, optimize production processes, and improve product quality. As data analytics technology continues to advance, manufacturers will be able to gain deeper insights into their operations, resulting in further optimization and increased competitiveness. Overall, the application of data analytics in Industry 4.0 holds great promise for organizations looking to stay competitive and innovative in the rapidly evolving landscape of the fourth industrial revolution.

Keywords: Industry 4.0, Data, Big Data, Artificial Intelligence, Internet of Things, Machine Learning, Digital Transformation

NEYROŞƏBƏKƏLƏRİN OPTİMALLAŞDIRILMASI VƏ TƏLİM STRATEGİYALARI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537894>

Şəfiqə İMANOVA

shefiqeimanova@ndu.edu.az

ORCID: 0009-0000-7902-888X

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ:

Bu məqalədə süni neyroşəbəkələrin optimallaşdırılması və effektiv təlim strategiyaları araşdırılır. Neyroşəbəkələrin performansı onların çəkirlərinin düzgün şəkildə öyrədilməsi və optimallaşdırma metodlarının tətbiqi ilə sıx bağlıdır. Təlim prosesi zamanı ən çox istifadə olunan optimallaşdırma üsulları arasında Stoxastik Gradient Enməsi (SGD), Adam və RMSprop optimallaşdırıcıları qeyd olunur. Eyni zamanda, öyrənmə sürətinin dinamik tənzimlənməsi və zərər funksiyasının seçimi də nəticələrə əhəmiyyətli təsir göstərir.

Təlimin keyfiyyətini artırmaq üçün istifadə edilən strategiyalar — batch normalization, dropout, data augmentation və early stopping — modelin daha sabit və ümumiləşdirilmiş şəkildə öyrənməsini təmin edir. Bu texnikalar overfitting-in qarşısını alır və konvergensiyanı sürətləndirir. Müasir yanaşmalara isə meta-learning, self-supervised learning və federated learning kimi yeni metodlar daxildir.

Məqalədə göstərilir ki, neyroşəbəkələrin uğurlu tətbiqi yalnız arxitektura seçimi ilə deyil, həm də uyğun təlim və optimallaşdırma strategiyalarının seçilməsi ilə mümkündür. Gələcəkdə daha adaptiv, resurs effektiv və az etiketli verilənlərlə işləyə bilən strategiyaların önə çıxacağı proqnozlaşdırılır.

Açar sözlər: Neyroşəbəkə optimallaşdırılması, təlim strategiyaları, Gradient enməsi, Overfitting-in qarşısının alınması, Dərin öyrənmə (deep learning)

1. Giriş

Süni neyroşəbəkələr (SNŞ) süni intellekt sahəsində geniş istifadə olunan güclü alətlərdən biridir. Onların effektiv işləməsi təlim prosesi və bu prosesin optimallaşdırılmasından birbaşa asılıdır. Neyroşəbəkələrin təlimi böyük həcmdə verilən məlumat üzərində aparıldıqda yüksək hesablama resurslarına və düzgün seçilmiş strategiyalara ehtiyac duyulur. Bu məqalədə neyroşəbəkələrin optimallaşdırılması yolları və müasir təlim strategiyaları araşdırılır.

2. Neyroşəbəkələrin təlimi: əsas anlayışlar

Neyroşəbəkələrin təlim prosesi, əsasən, verilənlərdən nümunə götürərək, modelin çəkirlərini (weights) tənzimləməyə əsaslanır. Əsas komponentlər aşağıdakılardır:

- ✓ **Zərər funksiyası (Loss Function):** Modelin çıxışı ilə real nəticə arasındakı fərqi ölçür. Məsələn, sinifləndirmə problemlərində “Cross-Entropy Loss” geniş istifadə olunur.
- ✓ **Optimallaşdırma alqoritmləri:** Təlim zamanı zərər funksiyasının minimallaşdırılmasını təmin edən metodlardır.
- ✓ **Gradient enməsi (Gradient Descent):** Ən çox istifadə edilən optimallaşdırma metodudur. Bunun variantları – SGD, Adam, RMSprop və s. – praktiki sistemlərdə daha səmərəli nəticə verir.

3. Optimallaşdırma metodları

Neyroşəbəkələrin effektiv işləməsi üçün optimallaşdırma metodlarının düzgün seçimi vacibdir. Əsas metodlar aşağıdakılardır:

3.1. Stoxastik Gradient Enməsi (SGD)

SGD, hər iterasiyada təsadüfi seçilmiş nümunəyə əsaslanaraq çəkirləri yeniləyir. Bu metod sadə və sürətlidir, lakin səs-küylü nəticələrə səbəb ola bilər.

3.2. Adam Optimizer

Adam (Adaptive Moment Estimation) optimallaşdırıcısı, sürət və uyğunlaşma qabiliyyəti ilə fərqlənir. O, keçmiş gradientlərin orta qiymətlərini də nəzərə alaraq daha sabit konvergensiya təmin edir (Kingma & Ba, 2014).

3.3. Öyrənmə sürəti planlayıcıları (Learning Rate Schedulers)

Öyrənmə sürətinin dinamik tənzimlənməsi modelin daha effektiv öyrənməsini təmin edir. “Step Decay”, “Exponential Decay” və “ReduceLROnPlateau” kimi strategiyalar geniş yayılmışdır.

4. Təlimin keyfiyyətini artıran strategiyalar

4.1. Normalizasiya (Batch Normalization)

Batch Normalization, təlim prosesində giriş dəyərlərinin paylanması sabitləşdirərək, təlimi sürətləndirir və stabilləşdirir (Ioffe & Szegedy, 2015).

4.2. Dropout

Dropout texnikası neyronların müəyyən hissəsini təsadüfi olaraq deaktiv edərək modelin çox öyrənməsinin (overfitting) qarşısını alır.

4.3. Verilənlərin artırılması (Data Augmentation)

Xüsusilə görüntü emalı kimi sahələrdə, verilənlərin süni olaraq artırılması modeli daha ümumiləşdirilmiş şəkildə öyrədir. Bu üsul məlumatların simmetriya, döndürmə, parlaqlıq və s. üzrə manipulyasiyası ilə həyata keçirilir.

4.4. Erkən dayandırma (Early Stopping)

Əgər validasiya səhvi artmağa başlayırsa, təlimin dayandırılması modeli çox öyrənmədən qoruyur.

5. Qabaqcıl yanaşmalar və yeni tendensiyalar

Müasir dövrdə optimallaşdırma sahəsində araşdırmalar daha dərin və adaptiv modellərə yönəlmişdir. Bununla yanaşı:

- ✓ **Meta-öyrənmə (Meta-learning)** modellərin müxtəlif problemlərə sürətli adaptasiyası üçün istifadə olunur.
- ✓ **Öz-öyrənmə (Self-supervised learning)** az etiketli verilənlərlə yüksək performanslı modellərin qurulmasına imkan yaradır.
- ✓ **Federated Learning** təlim məlumatlarını mərkəzləşdirmədən modelləri optimallaşdırmağa imkan verir.

6. Nəticə

Neyroşəbəkələrin optimallaşdırılması və təlim strategiyalarının düzgün seçilməsi modelin səmərəliliyini və dəqiqliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Təlimin keyfiyyətini artırmaq üçün optimallaşdırma alqoritmləri, normalizasiya texnikaları və hiperparametr tənzimləmələri birgə istifadə olunmalıdır. Gələcək tədqiqatlar daha adaptiv və az resursa əsaslanan strategiyalara yönələcəkdir.

Təkliflər

1. **Təlim strategiyalarının kombinasiyası:** Neyroşəbəkələrin daha stabil və sürətli öyrənməsi üçün bir neçə strategiyanın (məsələn, Adam optimallaşdırıcısı + batch normalization + dropout) birlikdə tətbiqi tövsiyə olunur.
2. **Hiperparametr tənzimlənməsi:** Öyrənmə sürəti, batch ölçüsü və qat sayı kimi hiperparametrlərin avtomatlaşdırılmış şəkildə optimallaşdırılması üçün grid search və ya Bayesian optimization kimi metodlardan istifadə tövsiyə edilir.
3. **Verilənlərin balanslaşdırılması:** Təlim məlumatlarının keyfiyyəti və balansı modelin performansına birbaşa təsir etdiyindən, data preprocessing mərhələsində sinif balanssızlığı aradan qaldırılmalıdır.
4. **Az etiketli verilənlərlə təlim üçün yeni yanaşmalar:** Self-supervised və transfer learning metodlarının geniş tətbiqi, xüsusilə tibbi və sənaye sahələrində effektiv nəticələr verə bilər.
5. **Modelin interpretasiyası və izlənməsi:** Təlim zamanı modelin davranışını izləmək və nəticələri şərh edə bilmək üçün TensorBoard, Weights & Biases kimi alətlərdən istifadə olunması tövsiyə olunur. Bu, həm də overfitting və digər problemləri erkən mərhələdə aşkarlamağa kömək edir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
2. Kingma, D. P., & Ba, J. (2014). Adam: A Method for Stochastic Optimization. *arXiv preprint arXiv:1412.6980*.
3. Ioffe, S., & Szegedy, C. (2015). Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift. *arXiv:1502.03167*.
4. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444.
5. Schmidhuber, J. (2015). Deep learning in neural networks: An overview. *Neural Networks*, 61, 85–117.
6. Smith, L. N. (2017). Cyclical learning rates for training neural networks. *IEEE WACV*.

OPTIMIZATION AND TRAINING STRATEGIES OF NEURAL NETWORKS

SHEFIGA IMANOVA

ABSTRACT:

This article examines the optimization and effective training strategies of artificial neural networks. The performance of neural networks is closely related to the correct training of their weights and the application of optimization methods. Among the most commonly used optimization methods during the training process are Stochastic Gradient Descent (SGD), Adam and RMSprop optimizers. At the same time, dynamic adjustment of the learning rate and the choice of the loss function also have a significant impact on the results.

Strategies used to improve the quality of training — batch normalization, dropout, data augmentation and early stopping — ensure that the model learns more stably and in a generalized manner. These techniques prevent overfitting and accelerate convergence. Modern approaches include new methods such as meta-learning, self-supervised learning, and federated learning.

The article shows that the successful implementation of neural networks is possible not only by choosing the architecture, but also by choosing appropriate training and optimization strategies. It is predicted that in the future, more adaptive, resource-efficient, and strategies that can work with less labeled data will come to the fore.

Keywords: Neural network optimization, training strategies, Gradient descent, Overfitting prevention, Deep learning

СТРАТЕГИИ ОПТИМИЗАЦИИ И ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

ШАФИГА ИМАНОВА

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ:

В данной статье рассматриваются стратегии оптимизации и эффективного обучения искусственных нейронных сетей. Эффективность нейронных сетей тесно связана с правильной тренировкой их весов и применением методов оптимизации. Наиболее часто используемые методы оптимизации в процессе обучения включают стохастический градиентный спуск (SGD), оптимизаторы Adam и RMSprop. При этом динамическая настройка скорости обучения и выбор функции потерь также оказывают существенное влияние на результаты.

Стратегии, используемые для повышения качества обучения — пакетная нормализация, исключение, дополнение данных и ранняя остановка — гарантируют, что модель обучается более стабильно и обобщенно. Эти методы предотвращают переобучение и ускоряют сходимость. Современные подходы включают новые методы, такие как метаобучение, самообучение и федеративное обучение.

В статье показано, что успешная реализация нейронных сетей возможна не только за счет выбора архитектуры, но и за счет выбора соответствующих стратегий обучения и оптимизации. Прогнозируется, что в будущем появятся стратегии, которые будут более адаптивными, ресурсоэффективными и смогут работать с менее маркированными данными.

Ключевые слова: оптимизация нейронной сети, стратегии обучения, градиентный спуск, предотвращение переобучения, глубокое обучение

KİBERTƏHLÜKƏSİZLİKDƏ NEYRON ŞƏBƏKƏLƏRİN TƏTBİQİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537905>

Kənan Hüseynəliyev

huseynovk89@gmail.com

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Xülasə

Neyron şəbəkələri nümunələri aşkar etmək, yeni təhdidlərə uyğunlaşmaq və ümumi təhlükəsizlik tədbirlərini gücləndirmək qabiliyyətinə görə müasir kibertəhlükəsizlikdə mühüm alətə çevrilib. Ənənəvi təhlükəsizlik sistemləri tez-tez sıfır gün istismarı və polimorfik zərərli proqram kimi qabaqcıl kibertəhdidləri aşkar etmək üçün mübarizə aparır. Neyron şəbəkələri real vaxt rejimində böyük verilənlər bazalarını təhlil edərək və anormallıqları müəyyən etməklə bu problemləri həll edir. Onların əsas tətbiqlərinə təhdidlərin aşkarlanması, anormallıqların identifikasiyası, zərərli proqramların təsnifatı və fişinq aşkarlanması daxildir. Üstünlüklərinə baxmayaraq, neyron şəbəkələri yüksək keyfiyyətli məlumat ehtiyacı, şərh edilə bilməməsi, rəqib hücumlara qarşı həssaslıq və miqyaslılıq problemləri də daxil olmaqla bir sıra problemlərlə üzləşir. Bu sistemlərin təkmilləşdirilməsi səyləri daha izah edilə bilən süni intellekt modellərinin hazırlanmasına və onların manipulyasiyaya qarşı müqavimətinin gücləndirilməsinə yönəlib. Azərbaycanda neyron şəbəkələrin kibertəhlükəsizliyə integrasiyası rəqəmsal müdafiə sistemlərini əhəmiyyətli dərəcədə təkmilləşdirə bilər. Dehghantanha və Shakarian kimi qlobal kibertəhlükəsizlik ekspertlərinin araşdırmaları Azərbaycanın kibertəhlükəsizlik mənzərəsinə uyğunlaşdırıla bilən müdaxilənin aşkarlanması, şəbəkə kəşfiyyatı və proaktiv təhlükənin azaldılması ilə bağlı dəyərli fikirlər təqdim edir. Aparat, multimodal məlumat integrasiyası sahəsində gələcək irəliləyişlər və izah edilə bilən suni intellektin effektivliyini daha da artıracaq. Kiber təhdidlər inkişaf etməyə davam etdikcə, neyron şəbəkələrdən istifadə həssas məlumatların, kritik infrastrukturun və milli təhlükəsizliyin qorunmasında vacib olacaq.

Açar sözlər: Neyron şəbəkələri, kibertəhlükəsizlik, təhlükənin aşkarlanması, maşın öyrənməsi, süni intellekt

Giriş

B

u

g

n

s

rətlə inkişaf edən rəqəmsal dünyada kibertəhlükəsizlik həm fərdlər, həm təşkilatlar, həm də hökumətlər üçün kritik bir problemdir. Kiber təhdidlər daha mürəkkəbləşdikcə, ənənəvi təhlükəsizlik tədbirləri real vaxt rejimində hücumları aşkar etmək və qarşısını almaqda çox tədbirlərini artırmaqda əhəmiyyətli potensiala malik olduğunu göstərdi. Bu sistemlər verilənləri təhlükənin aşkarlanmasında, zərərli proqramların təsnifatında və anormallıqların aşkarlanmasında istifadə edir. Neyron şəbəkələri insan beyninin strukturu və funksiyasından ilhamlanan hesablama modelləridir. Onlar giriş məlumatlarını emal edən və onlardan öyrənən təbəqələrdə təşkil edilmiş bir-biri ilə əlaqəli qovşaqlardan

qabiliyyəti neyron şəbəkələri daim inkişaf edən kibertəhlükələrin qarşısını almaq üçün ideal vasitəyə çevirir[3].

Təhlükənin aşkarlanması və müdaxilənin qarşısının alınması

Kibertəhlükəsizlikdə neyron şəbəkələrin ən vacib tətbiqlərindən biri təhlükənin aşkarlanmasıdır. İmza əsaslı aşkarlama kimi ənənəvi təhlükəsizlik tədbirləri məlum əvvəlcədən məlumat olmadan yeni hücum növlərini müəyyən etməyə imkan verir[3].

Aspekt	Ənənəvi aşkarlama sistemləri	Neyron Şəbəkəyə əsaslanan aşkarlama sistemləri
Aşkarlama metodu	İmza əsaslı (əvvəlcədən təyin edilmiş nümunələr)	Məlumatlardan öyrənmə yolu ilə nümunənin tanınması
Effektivlik	Yalnız məlum hücumlara qarşı təsirlidir	Həm məlum, həm də naməlum təhlükələrə qarşı effektivdir
Çeviklik	Əvvəlcədən təyin edilmiş hücum növləri ilə məhdudlaşır	Yeni və inkişaf edən hücum üsullarına uyğunlaşa bilər

Cədvəl 1: Ənənəvi və neyron şəbəkəyə əsaslanan təhlükənin aşkarlanması

Neyron şəbəkələr ənənəvi sistemlərin mübarizə apara biləcəyi qabaqcıl davamlı təhdidlər (APT), sıfır gün hücumları və paylanmış xidmətdən imtina (DDoS) hücumları kimi daha mürəkkəb təhlükələrin aşkarlanmasında xüsusilə faydalıdır. Bu şəbəkələr təhlükəsizlik pozuntusunu göstərə biləcək incə sapmaları müəyyən etmək üçün şəbəkə trafikini, istifadəçi davranışını və sistem qeydlərini təhlil edir[2].

Anormallıqların aşkarlanması

Anormallıqların aşkarlanması normadan kənara çıxan fəaliyyətlərin müəyyən edilməsi prosesidir. Kibertəhlükəsizlikdə anormal fəaliyyətlər zərərli proqram təminatının olması və ya həssas məlumatlara icazəsiz giriş kimi hücumun göstəricisi ola bilər. Neyron şəbəkələri bu sahədə üstündür, çünki onlar "normal" davranışın əsas bazasını yaratmaq və bu bazadan kənarlaşmaları aşkar etmək üçün böyük verilənlər toplusunu təhlil edə bilirlər[3-4].

Məsələn, istifadəçi davranışı analitikasında (UBA) neyron şəbəkələr istifadəçi fəaliyyətini izləyir və qeyri-adi yerlərdən daxil olmaq və ya istifadəçinin tipik icazələri xaricində fayllara daxil olmaq kimi anormal davranışları qeyd edir. Eynilə, şəbəkə müdaxiləsinin aşkarlanması sistemlərində (NIDS) neyron şəbəkələr məlumat həcmi artması və ya şübhəli xarici IP ünvanlarına qoşulmalar kimi şəbəkə trafikində qeyri-adi nümunələri aşkar edə bilər[1].

Tətbiq sahəsi	Aşkarlana bilən anormallıqlar	Neyron şəbəkənin üstünlükləri
İstifadəçi davranışı analitikası	Qeyri-adi giriş vaxtları, icazəsiz məlumat girişi	Normal davranışın dinamik nümunələrini öyrənə bilir
Şəbəkə trafikinin təhlili	Gözlənilməz trafik artımları, anormal məlumat axını	Şəbəkə trafikində incə sapmaları aşkar edir
Sistem monitorinqi	Qeyri-adi sistem resursundan istifadə, yeni fayl yaradılması	İnkişaf edən sistem konfiqurasiyalarına uyğunlaşa bilir

Cədvəl 2: Anormallıqların aşkarlanmasında neyron şəbəkə tətbiqləri

Zərərli proqramların aşkarlanması və təsnifatı

Zərərli proqramların aşkarlanması neyron şəbəkələrin əhəmiyyətli potensial nümayiş etdirdiyi başqa bir sahədir. Ənənəvi üsullar məlum zərərli proqram imzalarının müəyyən edilməsinə əsaslanır, lakin zərərli proqram tərtibatçıları aşkarlanmadan yayınmaq üçün tez-tez kodlarını dəyişirlər. Neyron şəbəkələri, xüsusən dərin neyron şəbəkələri (DNN) və konvolusion neyron şəbəkələri (CNN) əvvəlcədən təyin edilmiş imzalara güvənməkdənsə, zərərli proqram təminatını davranışına əsasən tanımağı öyrənə bilər. Neyron şəbəkələri faylların strukturunu, icra sxemlərini və davranışlarını təhlil edərək onların zərərli olduğunu müəyyən edə bilər. Bu yanaşma, imza əsaslı aşkarlama sistemlərindən yayınmaq üçün formasını dəyişən polimorfik zərərli proqram təminatının aşkarlanması üçün xüsusilə faydalıdır[1-4].

Fişinq aşkarlanması

Aldadıcı vasitələrlə həssas məlumatları əldə etmək üçün saxta cəhdləri əhatə edən fişinq hücumları geniş yayılmış təhlükədir. Neyron şəbəkələri e-poçtların, veb saytların və URL-lərin məzmununu təhlil edərək fişinq cəhdlərini aşkar etmək üçün öyrədilə bilər. E-poçtlarda istifadə olunan dil, göndərənün ünvanının qanuniliyi və veb saytların vizual hissələri kimi xüsusiyyətlər fişinq hücumu ehtimalını müəyyən etmək üçün neyron şəbəkələr tərəfindən öynilə bilər[5].

Xüsusiyyət	Ənənəvi üsullar	Neyron Şəbəkə Əsaslı Metodlar
E-poçt məzmunu	Açar sözlə əsaslanan aşkarlama	E-poçtların tonunu, dilini və kontekstini təhlil edir
Vebsaytın görünüşü	URL qara siyahıları, domen yoxlamaları	Veb sayt elementlərinin vizual və mətn təhlili
İstifadəçi qarşılıqlı əlaqəsi	Şübhəli bağlantılar, əlavələr	Davranış təhlili və qarşılıqlı əlaqə nümunələri

Cədvəl 3: Neyron şəbəkələri ilə fişinq aşkarlanması

Neyron şəbəkələri təbii dil və veb-sayt vizualları kimi mürəkkəb məlumat daxilolmalarını emal etmək və anlamaq qabiliyyətinə görə bu sahədə üstündür. Bu, onları ənənəvi filtrləmə üsullarını keçə biləcək fişinq cəhdlərini müəyyən etməkdə yüksək effektiv edir.

Kibertəhlükəsizlikdə neyron şəbəkələrin tətbiqində çətinliklər

Neyron şəbəkələr kibertəhlükəsizlikdə çoxsaylı üstünlüklər təqdim etsə də, onların geniş şəkildə qəbul edilməsindən əvvəl bir sıra problemlər həll edilməlidir.

Məlumatın Keyfiyyəti və Əlçatanlığı: Neyron şəbəkələri təlim üçün böyük miqdarda məlumat tələb edir. Kibertəhlükəsizlik sahəsində yüksək keyfiyyətli, məlumatların əldə edilməsi məxfiliklə bağlı narahatlıqlar, kiber təhdidlərin daim inkişaf edən təbiəti və bir çox təşkilatların məlumatlarının xarakteri səbəbindən çətin ola bilər. Bundan əlavə, müxtəlif hücum növlərinin dəqiq aşkarlanmasını təmin etmək üçün bu şəbəkələri öyrətmək üçün istifadə olunan məlumatlar müxtəlif və əhatəli olmalıdır[4-5].

Təfsir və Güvənəliyəbilənlik: Neyron şəbəkələrinin əsas tənqidlərindən biri onların şərh edilə bilməməsidir. Bu modellərin “qara qutu” xarakteri o deməkdir ki, xüsusi qərarın necə qəbul edildiyini başa düşmək çətin ola bilər ki, bu da kibertəhlükəsizlik kimi yüksək riskli mühitlərdə ciddi narahatlıq doğurur. Məsələn, təhlükəsizlik mütəxəssisləri effektiv cavab vermək və nəticələrin düzgünlüyünü yoxlamaq üçün neyron şəbəkənin niyə müəyyən bir fəaliyyəti zərərli kimi qeyd etdiyini başa düşməlidirlər[2].

Model növü	Qərar qəbulu	Kibertəhlükəsizlikdə istifadə asanlığı
Ənənəvi Modellər	Şəffaf, qaydalara əsaslanan qərarların qəbulu	Yoxlamaq daha asandır
Neyron şəbəkələri	Mürəkkəb qərar qəbuletmə prosesi (qara qutu)	Məntiqini başa düşmək çətinidir

Cədvəl 4: Neyron Şəbəkələrdə Təfsir

Neyroşəbəkələrin öz nəticələrinə necə çatdığına dair daha aydın təsəvvürləri təmin etmək məqsədi daşıyan izah ediləbilən AI (XAI) kimi daha şərh edilə bilən neyron şəbəkə modellərinin hazırlanması üçün səylər davam edir.

Düşmən hücumları : Neyron şəbəkələri rəqib hücumlara qarşı həssasdır, burada giriş məlumatlarına kiçik, diqqətlə hazırlanmış dəyişikliklər modeli səhv proqnozlar verməyə səbəb ola bilər. Kibertəhlükəsizlikdə təcavüzkarlar potensial olaraq neyron şəbəkələrini aldatmaq və aşkarlama sistemlərini keçmək üçün girişləri manipulyasiya edə bilərlər. Məsələn, hücumçu zərərli proqram təsnifat modeli tərəfindən aşkarlanmamaq üçün zərərli proqram kodunu dəyişdirə bilər. Bu zəifliyi azaltmaq üçün tədqiqatçılar neyron şəbəkələrini manipulyasiyaya qarşı daha davamlı etmək üçün rəqib nümunələrlə təlimi əhatə edən rəqib təlim kimi üsulları araşdırırlar[2].

Miqyaslanabilənlik və real vaxtlı emal: Neyron şəbəkələri tez-tez öyrənmək və proqnozlar vermək üçün əhəmiyyətli hesablama resursları tələb edir. Bu, böyük həcmdə şəbəkə trafikinin və sistem qeydlərinin real vaxt rejimində təhlilinin zəruri olduğu irimiqyaslı kibertəhlükəsizlik mühitləri kontekstində xüsusilə çətinliklərdən biridir. Bu çətinliklərə baxmayaraq, neyron şəbəkələri kibertəhlükəsizliyin gələcəyində getdikcə mərkəzi rol oynamağa hazırlaşır. Aparat (məsələn, GPU və TPU) sahəsindəki irəliləyişlər, daha yaxşı öyrətmə üsulları və daha şərh edilə bilən və genişləndirilə bilən modellərin inkişafı, çox güman ki, bu sahədə neyron şəbəkələrinin performansını və qəbulunu yaxşılaşdıracaq. Bundan əlavə, şəbəkə trafiki, istifadəçi davranışı və son nöqtə fəaliyyəti kimi müxtəlif mənbələrdən alınan məlumatları birləşdirən multimodal məlumatların inteqrasiyası neyron şəbəkə əsaslı sistemlərin imkanlarını daha da artıracaq[2].

Nəticə

Neyron şəbəkələri təhdidlərin aşkar edilməsini, zərərli proqramların təsnifatını və anormallıqların aşkar edilməsini təkmilləşdirməklə kibertəhlükəsizlik müdafiəsini gücləndirməkdə əhəmiyyətli irəliləyişlər nümayiş etdirib. Məlumatların keyfiyyəti, şərh oluna bilməsi, rəqib hücumları və miqyası ilə bağlı problemlər davam etsə də, süni intellekt və maşın öyrənmə texnikalarında davam edən irəliləyişlər bu məhdudiyyətləri aradan qaldıra bilər. Kibertəhlükəsizlik təhdidləri inkişaf etməyə davam etdikcə, neyron şəbəkələri müasir təhlükəsizlik strategiyalarının əsas komponenti olaraq qalacaq və təşkilatlara kibercinayətkarlardan bir addım öndə olmağa kömək edəcək.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Hendrycks, D., & Mazeika, M. (2022). X-risk analysis for AI research. arXiv:2206.05862. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2206.05862>
2. Kurakin, A., Goodfellow, I., & Bengio, S. (2017). Adversarial examples in the physical world. In Artificial Intelligence Safety and Security. arXiv:1607.02533. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1607.02533>
3. Madry, A., Makelov, A., Schmidt, L., Tsipras, D., & Vladu, A. (2019). Towards deep learning models resistant to adversarial attacks. arXiv:1706.06083. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.06083>
4. Suciu, O., Coull, S. E., & Johns, J. (2019). Exploring adversarial examples in malware detection. In 2019 IEEE Security and Privacy Workshops. arXiv:1810.08280. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1810.08280>
5. Dehghantanha, A., & Choo, K.-K. R. (2016). Contemporary digital forensic investigations of cloud and mobile applications..

Summary

Neural networks have become a vital tool in modern cybersecurity due to their ability to detect patterns, adapt to new threats, and enhance overall security measures. Traditional

security systems often struggle to detect advanced cyber threats, such as zero-day exploits and polymorphic malware. Neural networks address these challenges by analyzing large datasets and identifying anomalies in real time. Their key applications include threat detection, anomaly identification, malware classification, and phishing detection. Despite their advantages, neural networks face several challenges, including the need for high-quality data, lack of interpretability, vulnerability to adversarial attacks, and scalability issues. Efforts to improve these systems focus on developing more explainable AI models and strengthening their resistance to manipulation. In Azerbaijan, the integration of neural networks in cybersecurity could significantly enhance digital defense systems. Research from global cybersecurity experts, such as Dehghantanha and Shakarian, provides valuable insights into intrusion detection, darknet intelligence, and proactive threat mitigation, which can be adapted to Azerbaijan's cybersecurity landscape. Future advancements in hardware, multi-modal data integration, and explainable AI will further improve the effectiveness of neural networks in cybersecurity. As cyber threats continue to evolve, leveraging neural networks will be essential in protecting sensitive data, critical infrastructure, and national security.

Keywords: Neural networks, cybersecurity, threat detection, machine learning, artificial intelligence

Резюме

Нейронные сети стали жизненно важным инструментом в современной кибербезопасности благодаря своей способности обнаруживать закономерности, адаптироваться к новым угрозам и повышать общие меры безопасности. Традиционные системы безопасности часто испытывают трудности с обнаружением сложных киберугроз, таких как эксплойты нулевого дня и полиморфное вредоносное ПО. Нейронные сети решают эти проблемы, анализируя большие наборы данных и выявляя аномалии в режиме реального времени. Их основные приложения включают обнаружение угроз, идентификацию аномалий, классификацию вредоносного ПО и обнаружение фишинга. Несмотря на свои преимущества, нейронные сети сталкиваются с рядом проблем, включая потребность в высококачественных данных, отсутствие интерпретируемости, уязвимость к состязательным атакам и проблемы масштабируемости. Усилия по улучшению этих систем сосредоточены на разработке более объяснимых моделей ИИ и усилении их устойчивости к манипуляциям. В Азербайджане интеграция нейронных сетей в кибербезопасность может значительно улучшить системы цифровой защиты. Исследования мировых экспертов по кибербезопасности, таких как Дехгантанха и Шакарян, дают ценную информацию об обнаружении вторжений, разведке даркнета и упреждающем смягчении угроз, которые можно адаптировать к ландшафту кибербезопасности Азербайджана. Будущие достижения в области аппаратного обеспечения, мультимодальной интеграции данных и объяснимого ИИ еще больше повысят эффективность нейронных сетей в кибербезопасности. Поскольку киберугрозы продолжают развиваться, использование нейронных сетей будет иметь важное значение для защиты конфиденциальных данных, критической инфраструктуры и национальной безопасности.

Ключевые слова: нейронные сети, кибербезопасность, обнаружение угроз, машинное обучение, искусственный интеллект

AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE IMPACT OF JPEG ARTIFACTS ON YOLOV5-BASED OBJECT DETECTION

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537915>

Günay TEMÜR

gunaytemur@duzce.edu.tr

Düzce Üniversitesi

Abstract

In recent years, deep learning-based object detection systems have been trained predominantly on high-quality images. However, in real-world applications, these systems often encounter low-quality and compressed visuals. This discrepancy has brought growing attention to the effects of lossy compression artifacts—particularly those introduced by algorithms like JPEG—on model performance, making it a significant area of research.

In this study, the effects of different JPEG compression levels (QF = 90, 60, 30) on the accuracy of the YOLOv5 object detection model were examined. Experiments conducted on a small-scale custom dataset revealed a noticeable decrease in detection performance as the compression quality decreased. These findings suggest that deep learning models exhibit limited robustness against compression-induced artifacts and that simulating such distortions during training may enhance their generalization capabilities.

Keywords: JPEG Compression, Object Detection, YOLOv5, Deep Learning, Visual Artifacts

1. Instruction

Deep learning-based object detection systems have achieved significant progress in the field of computer vision in recent years. These systems have found widespread application across various domains, including autonomous vehicles (Chen et al., 2015), surveillance cameras (Zhang et al., 2019), smart cities (Zanella et al., 2014), industrial automation (Lee, Bagheri, & Kao, 2015), and healthcare (Litjens et al., 2017). Among the object detection frameworks, the YOLO (You Only Look Once) family of algorithms (Redmon et al., 2016) stands out for its real-time processing capabilities and high accuracy rates.

However, the performance of such models largely depends on the quality of the data used during training. In contrast, images obtained in real-world, real-time scenarios are often compressed, downsampled, or subjected to various types of degradation. In particular, lossy compression in the JPEG format (Wallace, 1991) introduces visual artifacts such as blocking effects, blurriness, and color distortions (Gandor & Nalepa, 2022). These artifacts can directly affect the low-level features utilized by the model during object detection, leading to significant performance degradation (Kwon et al., 2022).

The compatibility of object detection systems with low-quality visual data commonly encountered in everyday scenarios has not yet reached a satisfactory level. A decrease in image quality poses significant challenges, particularly in detecting small objects

or targets within complex scenes. Liu et al. investigated the impact of image compression artifacts on deep learning-based object detection models and reported similar findings.

In this study, the impact of JPEG compression levels on the performance of the YOLOv5 object detection model (Jocher, 2020) is systematically examined. An experimental subset was constructed using examples from the “person” class of the COCO dataset (Lin, Zitnick, & Doll, 2015). The images were compressed using three different quality factors (QF = 90, 60, and 30) to generate separate test datasets. After training the YOLOv5 model with a fixed training configuration, evaluations were conducted independently for each compression level.

The results indicate that as the degree of compression increases, there is a significant decline in the model’s performance metrics. In low-quality images, the model particularly struggles with detecting small objects, and a noticeable increase in false positive rates is observed. The decreases in metrics such as F1-score, precision, and recall reveal the model’s limited robustness against such compression-induced distortions.

By presenting both quantitative and visual evidence, this study highlights the impact of JPEG artifacts on object detection performance and emphasizes the importance of accounting for such distortions in data preprocessing and augmentation strategies. Furthermore, it provides a solid reference framework for future comparative analyses involving more recent object detection models.

2. Methodology

In this study, a series of systematic experiments was conducted to evaluate the impact of JPEG compression artifacts on object detection performance. The methodological workflow consists of five main stages: dataset selection and sampling, preprocessing and compression, label conversion, model architecture and testing procedure, and the application of evaluation metrics.

2.1. Dataset Selection and Sampling

For the experimental analysis, the publicly available and widely used COCO 2017 (Common Objects in Context) dataset was selected. This dataset comprises approximately 118,000 training images and 5,000 validation images, covering 80 different object classes in natural scenes. In this study, only the “person” class was considered. This choice was motivated by the widespread use of the “person” class in real-world applications (e.g., security, surveillance, autonomous driving) as well as its suitability for evaluating model sensitivity due to the presence of small-sized and highly variable instances.

From the validation subset of the dataset (val2017), a total of 300 images containing only the “person” class were randomly selected. This sub-sampling was intended to create a reasonably sized and balanced test group to effectively assess the impact of JPEG compression.

2.2. Preprocessing and JPEG Compression

Three different compression levels were applied to the selected images:

- **QF = 90 (High Quality):** The image retains near-original quality with sharp details.
- **QF = 60 (Medium Quality):** Some loss of detail and slight blurriness are observed.
- **QF = 30 (Low Quality):** Noticeable artifacts, blocking effects, and significant loss of detail are present.

In JPEG compression, due to its inherently lossy nature, artifacts such as block-based distortions, loss of sharpness, and color shifts commonly occur in the resulting images [2]. The selected compression levels were chosen both to reflect quality ranges widely used in the literature and to produce degradation patterns that resemble real-world scenarios. The compression process was carried out automatically using Python and the OpenCV library. A comparative illustration of the visual distortions caused by three different JPEG quality factors (QF = 30, 60, 90) is presented in Figure 1.

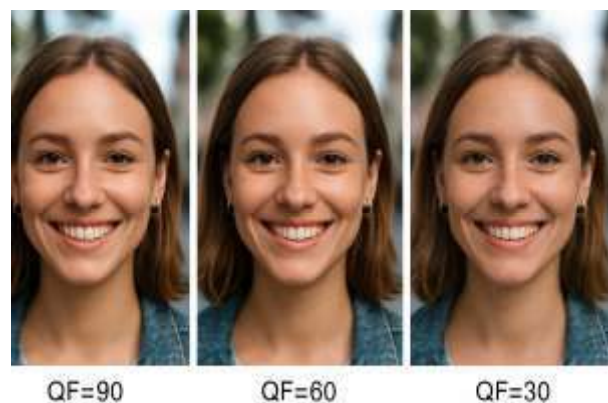


Figure 1. Comparative illustration of visual distortions caused by JPEG compression at different quality factors (QF = 90, 60, 30)¹

As illustrated in the figure:

- **QF = 90:** The visual quality is nearly identical to the original. Differences are barely noticeable to the naked eye.
- **QF = 60:** Minor artifacts begin to appear, though they are often unnoticeable without close inspection.
- **QF = 30:** Pronounced distortions are visible. Edges become blurred, and blockiness is clearly observed.

However, these differences are more difficult to perceive in images that are small in size or lack fine details.

¹ This image was generated using artificial intelligence for simulation purposes and does not depict a real person.

2.3. Annotation and Conversion Process

The annotation files in JSON format from the COCO dataset were parsed and filtered to include only instances belonging to the “person” class. The extracted label information was then converted into the YOLO TXT format, which is required for the YOLO model. For each image, a label file was generated containing the class ID, object center coordinates, and normalized width and height values. To illustrate the structural differences between annotation formats, an example bounding box is shown in both JSON and YOLO TXT formats in Figure 2.



Figure 2. Visual representation of bounding boxes defined in JSON and YOLO TXT formats on a single image

2.4. Model Architecture and Testing Procedure

In this study, the YOLOv5s (small) model developed by Ultralytics [3] was selected. Due to its lightweight architecture, this model is capable of operating efficiently on low-resource systems and is frequently preferred for research-oriented testing. The model was used with pretrained weights obtained from the COCO dataset. No additional training was performed; instead, evaluations were conducted using the `val.py` script exclusively on images with different JPEG quality levels.

2.5. Evaluation Metrics

The performance of the model was evaluated using widely accepted metrics, including mAP@0.5, precision, recall, and F1-score. In addition, the model’s classification stability was supported through visualizations such as the confusion matrix, precision-recall (PR) curve, and confidence-F1 curve (Padilla et al., 2021). These metrics enabled a detailed analysis of how different quality factors influence the model’s decision-making process.

3. Findings

This section presents the object detection performance of the YOLOv5s model evaluated under different JPEG compression levels. A total of 300 samples from the “person” class of the COCO dataset were used, with images compressed at quality factors of 30, 60, and 90, respectively. The model’s outputs were assessed using metrics such as mAP@0.5, precision, recall, and F1-score, and the results were analyzed both quantitatively and visually.

The model's performance at three different quality levels (QF = 30, 60, and 90) is presented comparatively in Table 1.

Table 1: Performance Metrics According to JPEG Quality Factors

Quality Factor	mAP@0.5	F1-Score	Precision	Recall
QF=30	0.0176	0.06	0.04	0.09
QF=60	0.022	0.07	0.05	0.10
QF=90	0.024	0.08	0.06	0.12

The experimental results revealed systematic variations in the object detection performance of the YOLOv5s model depending on the JPEG compression levels. For low-quality images compressed at QF = 30, the model exhibited poor performance in key metrics such as mAP@0.5 (0.0176), F1-score (0.06), and precision (0.04). These results indicate that the model struggled with accurate detection and generated a high number of false positives. For the medium-quality level (QF = 60), partial improvements were recorded, with mAP@0.5 increasing to 0.022 and F1-score to 0.07, while precision remained at 0.05 and recall at 0.10. As shown in Figure 3, the confusion matrix for QF = 60 indicates a reduction in false positives compared to QF = 30 and a noticeable increase in correct detections. The best results were obtained with high-quality images compressed at QF = 90, where mAP@0.5 reached 0.024, F1-score 0.08, and recall 0.12. At this level, the PR curve exhibited a more stable profile, and the F1 curve peaked around a confidence threshold of 0.5.

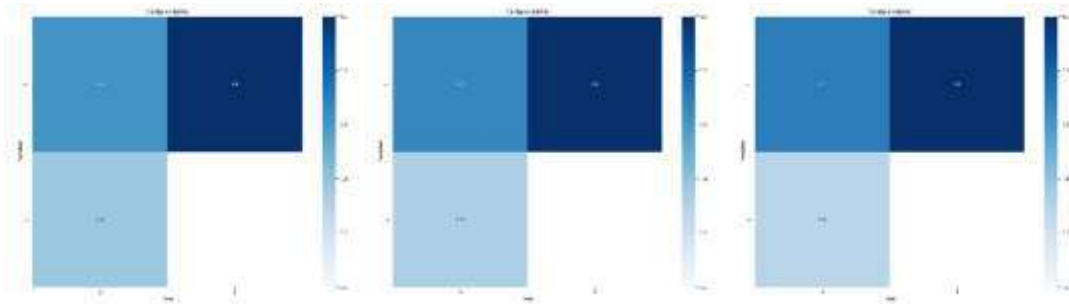
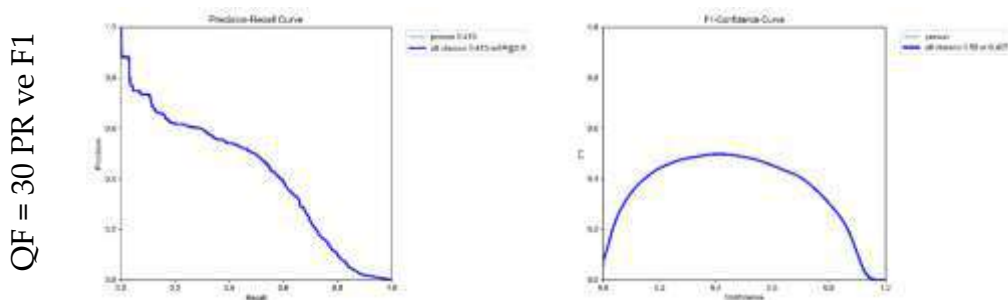


Figure 3. Confusion matrix visualizations of the YOLOv5s model for different JPEG quality levels (QF = 30, 60, 90).

Figure 4 presents the PR-F1 score curves for the three different quality levels, while Figure 5 provides visual examples comparing the bounding boxes predicted by the model with the ground truth annotations from the dataset.



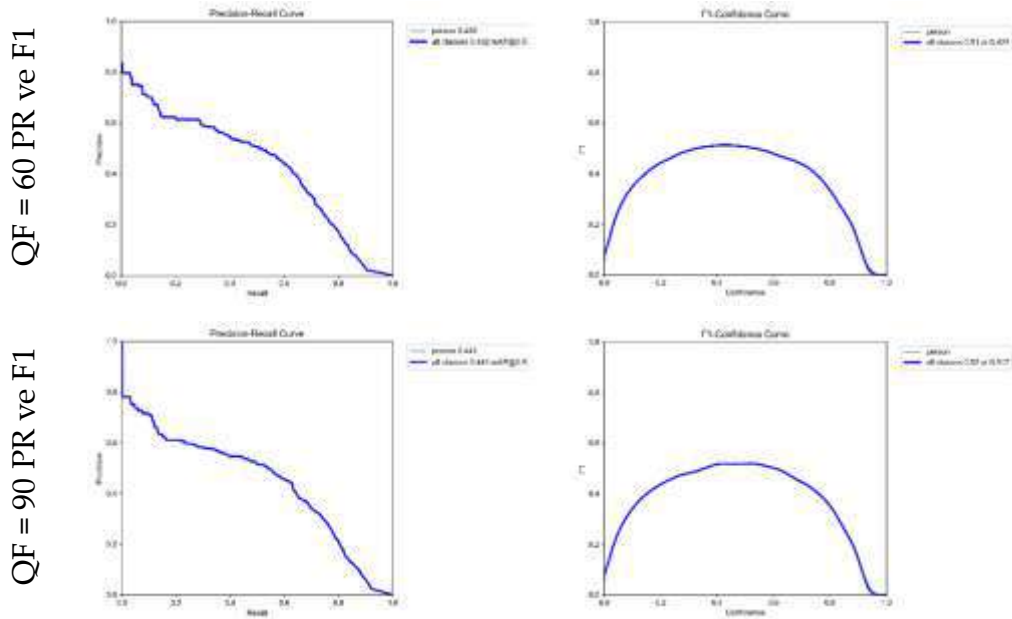


Figure 4. Precision-Recall and F1-score curves of the YOLOv5s model across JPEG quality levels (QF = 30, 60, 90).

For QF = 30, the precision-recall curve reveals that the model produced unstable decisions even at low confidence thresholds. The highest F1-score occurred at a low threshold, and the overall curve reflected weak performance. This indicates that compression artifacts negatively affect the model's decision stability. For QF = 60, the precision-recall curve exhibited a more stable trend, with improved model consistency particularly at medium confidence values. According to the F1-score curve, the optimal threshold was approximately 0.45. At this quality level, the model achieved accurate detections in some scenes but continued to struggle with complex ones. Finally, for QF = 90, the precision-recall curve demonstrated a stable and improving performance across confidence thresholds. The peak F1-score was achieved at a confidence level of approximately 0.50. These results indicate that the model is capable of making consistent decisions when compression artifacts are minimal.

The PR curves demonstrate that the model yields less consistent results at lower quality levels, whereas at higher quality levels, it is able to maintain a more balanced relationship between precision and recall. Similarly, the F1-score curves reveal that the optimal threshold occurs at much lower confidence levels under low-quality conditions, while higher quality levels result in a more distinct and well-defined threshold point.



Figure 5. Comparative visual representation of ground truth and YOLOv5s model-predicted bounding boxes.

As shown in the figure, significant deviations were observed in both localization and classification when comparing the ground truth annotations with the predicted bounding boxes generated by the model. For $QF = 30$, the model failed to detect certain objects and misclassified others. Due to the presence of JPEG artifacts, object edges and details became blurred, leading to a clearly visible decline in visual performance. In the case of $QF = 60$, some correct matches were achieved when comparing model predictions with ground truth. The sizes and positions of the predicted bounding boxes were closer to the target objects compared to the lower quality level. However, due to continued loss of detail, missed detections and slight misalignments were still observed, particularly with small objects.

On high-quality JPEG images ($QF = 90$), the YOLOv5s model demonstrated the most successful classification performance. The model predictions closely aligned with the ground truth annotations, and the bounding boxes were positioned very near to the actual objects. The model accurately classified the objects and achieved precise localization. The high image quality preserved object edges, which contributed to the improvement in detection performance.

As illustrated in the figure, there were noticeable discrepancies in both object localization and classification when comparing the model's predicted bounding boxes with the ground truth annotations. At $QF = 30$, the model failed to detect some

objects and misclassified others. The presence of JPEG artifacts resulted in blurred object edges and loss of detail, which significantly affected visual accuracy. At QF = 60, better alignment between predictions and ground truth was achieved. Predicted bounding boxes were more closely aligned in size and location with actual objects than at lower quality. Nonetheless, due to residual detail loss, the model still missed some small objects and produced slightly shifted detections.

The file *val_batch0_pred.jpg* displays the detection results produced by the YOLOv5 model. In this output, the model analyzes the image and draws its predicted bounding boxes by identifying where a “person” or another object is likely to be present. These boxes are accompanied by a confidence score, such as “person 0.76,” indicating the model’s certainty regarding the detection. In contrast, *val_batch0_labels.jpg* contains the correct (ground truth) annotations. These boxes were manually defined—either by human annotators or dataset curators—as part of the COCO dataset. The red bounding boxes indicate where the “person” instances are actually located. A comparative summary of the information in these two visual outputs is presented in Table 2.

Table 2. Comparison of Ground Truth and Predicted Bounding Box Information

Attribute	val_batch0_labels.jpg	val_batch0_pred.jpg
Source	Ground truth annotations	Model predictions
Purpose	Accurate reference	To evaluate the accuracy of the prediction
Content	Actual objects	Locations

	ct locat ions	the re the mod el assu mes obje cts
Comparison Criteria	Inter secti on over Unio n (IoU) Preci sion, Reca ll, mAP P calc ulati ons	The se pred ictio ns are eval uated usin g the sam e metr ics base d on the gro und trut h

4. Discussion and Conclusion

In this study, the robustness of deep learning-based object detection models against JPEG artifacts resulting from lossy compression was evaluated. The YOLOv5s model was tested on 300 images from the “person” class of the COCO dataset, each compressed at three different quality factors (QF = 30, 60, and 90). The results demonstrate that JPEG-induced distortions have a direct and systematic impact on model performance.

In the lowest quality images (QF = 30), significant declines were observed in the model’s accuracy metrics. Values for mAP@0.5, F1-score, and precision dropped to minimal levels; small objects were frequently missed, and the rate of false positives

increased. Visual outputs revealed weak overlap between the detection boxes and the actual objects, along with inconsistently distributed confidence scores. These findings indicate that compression-induced distortions—such as blocking and edge smoothing—directly impact the model’s low-level feature extraction process.

At the medium quality level (QF = 60), the model’s performance showed relative improvement, but it still remained below the threshold of reliability. While correct detections were achieved in certain scenes, the model’s success was limited in scenarios with complex backgrounds. Upon moving to the high-quality level (QF = 90), notable improvements were observed in both accuracy metrics and visual detection outputs. As the impact of artifacts diminished, the model exhibited enhanced performance in both object classification and bounding box localization.

These findings suggest that modern object detection models like YOLOv5s, which are typically optimized using high-quality training data, exhibit limited generalization capacity when exposed to compressed or low-quality images. Since the images used in publicly available datasets are often collected under ideal conditions, such models tend to lack sufficient robustness against the visual degradations commonly encountered in real-world scenarios.

Therefore, it is recommended to deliberately incorporate artifact-rich data during the training phase through data augmentation, or to integrate preprocessing techniques that mitigate compression distortions. Additionally, model robustness can be enhanced by introducing architecture-level improvements, such as attention mechanisms sensitive to visual degradations or dedicated artifact filtering modules.

Kaynaklar

Chen, Chenyi, Ari Seff, Alain Kornhauser, ve Jianxiong Xiao. 2015. “DeepDriving: Learning affordance for direct perception in autonomous driving”. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision 2015 International Conference on Computer Vision, ICCV 2015*(Figure 1):2722–30.

Gandor, Tomasz, ve Jakub Nalepa. 2022. “First Gradually, Then Suddenly: Understanding the Impact of Image Compression on Object Detection Using Deep Learning”. *Sensors* 22(3):1–19.

Jocher, Glenn. 2020. “Ultralytics YOLOv5”. On April 13, 2025 (<https://docs.ultralytics.com/tr/models/yolov5/#usage-examples>).

Kwon, Myung Joon, Seung Hun Nam, In Jae Yu, Heung Kyu Lee, ve Changick Kim. 2022. “Learning JPEG Compression Artifacts for Image Manipulation Detection and Localization”. *International Journal of Computer Vision* 130(8):1875–95.

Lee, Jay, Behrad Bagheri, and Hung An Kao. 2015. “A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems”. *Manufacturing Letters* 3:18–23.

Lin, Tsung-yi, C. Lawrence Zitnick, ve Piotr Doll. 2015. "Microsoft COCO : Common Objects in Context". *arXiv* 1–15.

Litjens, Geert, Thijs Kooi, Babak Ehteshami Bejnordi, Arnaud Arindra, Adiyoso Setio, Francesco Ciompi, Mohsen Ghafoorian, Jeroen A. W. M. Van Der Laak, Bram Van Ginneken, ve Clara I. Sánchez. 2017. "A survey on deep learning in medical image analysis". 42(December 2012):60–88.

Padilla, Rafael, Wesley L. Passos, Thadeu L. B. Dias, Sergio L. Netto, ve Eduardo A. B. Da Silva. 2021. "A comparative analysis of object detection metrics with a companion open-source toolkit". *Electronics (Switzerland)* 10(3):1–28.

Redmon, Joseph, Santosh Divvala, Ross Girshick, and Ali Farhadi. 2016. "You only look once: Unified, real-time object detection". pp. 779–88 *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. C. 2016-Decem. IEEE.

Wallace, Gregory K. 1991. "The JPEG Still Picture Compression Standard". *Communications of the ACM* 34(4):30–44.

Zanella, Andrea, Nicola Bui, Angelo Castellani, Lorenzo Vangelista, and Michele Zorzi. 2014. "Internet of things for smart cities". *IEEE Internet of Things Journal* 1(1):22–32.

Zhang, Song Hai, Ruilong Li, Xin Dong, Paul Rosin, Zixi Cai, Xi Han, Dingcheng Yang, Haozhi Huang, and Shi Min Hu. 2019. "Pose2Seg: Detection free human instance segmentation". *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* 2019-June:889–98.

YOLOv5 Tabanlı Nesne Tespitinde JPEG Artefaktlarının Etkisi Üzerine Deneysel Bir İnceleme

Özet

Günümüzde derin öğrenme tabanlı nesne tespiti sistemleri, eğitim aşamasında yüksek kaliteli görüntülerle beslenirken, gerçek dünya uygulamalarında sık sık düşük kaliteli ve sıkıştırılmış görüntülerle karşılaşmaktadır. Bu durum, özellikle JPEG gibi kayıplı sıkıştırma algoritmalarının neden olduğu bozulmaların (artefaktların), nesne tespit modellerinin performansları üzerindeki etkisini önemli bir araştırma alanı haline getirmiştir.

Bu çalışmada, farklı JPEG sıkıştırma seviyeleri (QF = 90, 60, 30) ile elde edilen görselleri üzerinde gerçekleştirilen YOLOv5 nesne tespiti doğruluğunun etkileri incelenmiştir. Küçük ölçekli özel bir veri seti üzerinde gerçekleştirilen deneylerde, sıkıştırma seviyesi düştükçe tespit başarımlarında anlamlı bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, derin öğrenme modellerinin sıkıştırma kaynaklı bozulmalara karşı sınırlı dayanıklılığa sahip olduğunu ve eğitim aşamasında bu tür

bozulmaların simüle edilmesinin model genelleme performansını artırabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: JPEG Sıkıştırma, Nesne Tespiti, YOLOv5, Derin Öğrenme, Görüntü Bozulmaları

SƏNAYE 4.0 VƏ SÜNİ İNTELLEKT: AVTOMATLAŞDIRMANIN YENİ DÖVRÜ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537919>

Mahmudova Sima Vəli qızı
sima.mahmudova@mdu.edu.az
ORCID ID: 0000-0002-0104-852X
Mingəçevir Dövlət Universiteti

Xülasə

Bu məqalədə süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının inkişafı və onların sənaye robotlarında tətbiqi geniş şəkildə təhlil olunur. Əsas diqqət dərin öyrənmə metodlarının sənaye robotlarının təkamülündəki roluna yönəldilmişdir.

Müasir dövrdə sənaye sahələrində məhsuldarlığın və keyfiyyətin artırılması üçün avtomatlaşdırmaya olan tələbat artmış və bu, Sİ texnologiyalarının əhəmiyyətini daha da artırmışdır. Dərin öyrənmə alqoritmləri robotlara mürəkkəb məlumatları emal etmək, ətraf mühiti tanımaq və ona uyğun qərarlar qəbul etmək imkanı verir. Bu texnologiyalar sayəsində robotlar yalnız əvvəlcədən proqramlaşdırılmış əməliyyatlarla məhdudlaşmış, həm də öyrənə və adaptasiya ola bilirlər.

Məqalədə həmçinin bu sahədə əldə olunmuş nailiyyətlər, istifadə olunan metodlar və mövcud çətinliklər təhlil olunur.

Sonda, gələcəkdə sənaye robotlarının daha da intellektual və müstəqil fəaliyyət göstərə bilmələri üçün araşdırma istiqamətləri və perspektivlər təqdim olunur. Məqalə sənaye 4.0 çərçivəsində Sİ-nin imkanlarının tətbiqi baxımından mühüm elmi və praktiki əhəmiyyət daşıyır.

Açar sözlər: *Avtonom robotlar, süni intellekt, dərin öyrənmə, sənaye avtomatlaşdırılması, robot texnologiyaları, istehsalat prosesləri, maşın öyrənməsi, adaptiv sistemlər.*

Giriş

Sənayenin inkişaf tarixi müxtəlif texnoloji inqilablarla xarakterizə olunur. Birinci Sənaye İnqilabı buxar mühərriklərinin tətbiqi ilə başlayıb. İkinci Sənaye İnqilabı elektrik enerjisi və kütləvi istehsal texnologiyalarının ortaya çıxması ilə davam edib. Üçüncü Sənaye İnqilabı isə kompüterlərin və avtomatlaşdırmanın sənayedə tətbiqini gətirib. Sənaye 4.0 anlayışı bu inkişafın növbəti mərhələsi kimi süni intellekt (Sİ), böyük verilənlər (big data), İoT (Əşyaların İnterneti) və digər qabaqcıl texnologiyaların sənaye proseslərinə inteqrasiyasını ifadə edir (Schwab, 2016).

Bu yeni dövrün əsas fərqləndirici xüsusiyyəti intellektual avtomatlaşdırmaadır. Süni intellektə əsaslanan sistemlər təkcə proqramlaşdırılmış əməliyyatları icra etmir, həm də öyrənərək və adaptasiya olunaraq qərarlar qəbul edir.

Son illərdə süni intellekt və robototexnika sahəsindəki inkişaf sənaye proseslərini köklü şəkildə dəyişdirir. Sənaye 4.0 dövründə, texnologiyanın inkişafı və avtomatlaşdırmanın artması ilə daha çox ağıllı sistemlər və robotlar istehsal xətlərində fəaliyyət göstərir. Bu, məhsuldarlığı artırmaq, iş təhlükəsizliyini təmin etmək və əməliyyat xərclərini azaltmaq məqsədini daşıyır. Süni İntellektlə öyrənən robotlar bu dövrün əsas komponentlərindən biridir və onların inkişafı sənaye tətbiqlərində inqilabi dəyişikliklərə səbəb olur.

Robotlar yalnız əvvəlki proqramlaşdırma ilə deyil, həm də dərin öyrənmə (deep learning) və gücləndirici öyrənmə (reinforcement learning) metodları ilə təkmilləşdirilir. Bu metodlar robotların mühitdən öyrənməsini və yeni vəziyyətlərə uyğunlaşmasını təmin edir (Jordan & Mitchell, 2015, p.255). Beləliklə, robotlar yalnız əvvəlcədən təyin edilmiş tapşırıqları yerinə yetirmir, həm də müstəqil qərar vermə və öyrənmə qabiliyyətinə malikdir.

Bu məqalədə Sənaye 4.0 çərçivəsində süni intellektin avtomatlaşdırma proseslərinə təsiri araşdırılacaq. Həmçinin avtonom istehsalat sistemləri, ağıllı fabriklər və robototexnikanın inkişafı kontekstində Sİ-nin rolu təhlil ediləcək. Bu tədqiqatın məqsədi, süni intellekt texnologiyalarının sənayenin gələcək inkişafına necə təsir edəcəyini qiymətləndirməkdir.

Süni İntellektlə Öyrənən Robotların Təkmilləşdirilməsi

Sənaye 4.0 konsepsiyasının inkişafı ilə süni intellektə əsaslanan öyrənən robotlar istehsalatda və xidmət sektorunda inqilabi dəyişikliklər yaradır. Sənaye robotları əvvəllər sabit proqramlaşdırılmış hərəkətləri yerinə yetirirdi. Lakin müasir dövrdə maşın öyrənməsi və dərin öyrənmə metodları sayəsində bu robotlar mühitdən məlumat toplayaraq öz bacarıqlarını təkmilləşdirə bilir (Zhang, J., Tao, F., 2020, p.101).

Süni intellektlə öyrənən robotlar, müasir istehsalat sahələrində daha çevik və effektiv əməliyyatları yerinə yetirmək üçün istifadə edilir. Dərin öyrənmə və gücləndirici öyrənmə kimi süni intellekt metodları robotların adaptiv davranışlarını təmin edir. Bu metodlarla robotlar ətraf mühiti analiz edərək, zamanla öz fəaliyyətlərini optimallaşdırır.

Dərin öyrənmə, robotların görüntü və səs kimi qeyri-strukturlaşdırılmış məlumatları emal etməsini təmin edir. Bu texnologiya, robotların obyektləri tanıma və kompleks tapşırıqları yerinə yetirmə qabiliyyətini artırır (LeCun et.al, 2015, p.436). Gücləndirici öyrənmə isə robotlara mükafat və cəza sistemləri vasitəsilə müstəqil öyrənmə imkanı verir, beləliklə, robotlar təcrübə ilə daha yaxşı qərarlar qəbul etməyə başlayır (Sutton & Barto, 2018).

Sənaye robotlarının öyrənmə və adaptasiya imkanlarına baxaq:

- Avtomatik keyfiyyətə nəzarət: robotlar sensor və görüntü emalı texnologiyalarından istifadə edərək istehsal prosesində qüsurları aşkar edə və düzəlişlər edə bilirlər.

- Çevik istehsal sistemləri: öyrənən robotlar dəyişən istehsal tələblərinə uyğunlaşaraq müxtəlif tapşırıqları icra edə bilirlər.

- Kooperativ robotlar (Kobotlar): insanlarla əməkdaşlıq edən bu robotlar əmək təhlükəsizliyini və istehsal səmərəliliyini artırır (Bogue, 2018, p.759).

Xidmət sahəsində isə süni intellekt əsaslı robotlar müştəri xidməti, səhiyyə, logistika və digər sahələrdə istifadə olunur. Xüsusilə avtonom çatdırılma dronları, ağıllı köməkçilər və tibbi robotlar bu sahənin əsas istiqamətləridir.

Kooperativ Robotlar və İnsan-Robot Əməkdaşlığı

Kooperativ robotlar (Cobotlar) insanlarla birgə işləyən robotlardır və onların sənayelərdəki tətbiqi gündən-günə artır. Cobotların üstünlüyü, onlar ilə insanlar arasında yüksək səviyyəli qarşılıqlı əlaqə və əməkdaşlıq imkanı yaratmasıdır. İnsanlar və robotlar, hər biri öz güclü tərəflərini istifadə edərək, müxtəlif əməliyyatları daha effektiv şəkildə yerinə yetirir.

Kobotların insanlarla əməkdaşlığı, xüsusilə təhlükəli və fiziki cəhətdən çətin işlərin avtomatlaşdırılmasında mühüm rol oynayır. Məsələn, avtomobil istehsalında və tibb sahəsində robotlar insanlar ilə birgə işləyərək, yüksək dəqiqlik və sürət tələb edən tapşırıqları yerinə yetirir (Bogue, 2018, p.761). İnsanlar və robotlar arasındakı əlaqə, bu robotların adaptiv öyrənmə qabiliyyəti ilə daha da təkmilləşir. İnsanlar onlara tapşırıqlar verir, robotlar isə bu tapşırıqları müstəqil şəkildə yerinə yetirərək öyrənir və vaxt keçdikcə daha effektiv olurlar.

Eyni zamanda, robotların çevik öyrənmə (flexible learning) qabiliyyəti, müxtəlif sahələrdə onlara istifadəçi dostu və daha az müdaxilə ilə əməkdaşlıq etməyə imkan verir. Bu, xüsusən kiçik və orta istehsal müəssisələrində, eləcə də sənaye 4.0 sistemlərində mühüm əhəmiyyət kəsb edir (Huang et al., 2019, p.123).

Süni intellekt və robot texnologiyalarının inkişafı nəticəsində robotlar insan davranışlarını analiz edərək adaptasiya ola bilirlər. Bu, insan-robot qarşılıqlı əlaqəsinin təbii və effektiv olmasını təmin edir. Adaptiv süni intellekt sistemləri aşağıdakı xüsusiyyətlərə malikdir:

- Fərdi öyrənmə və uyğunlaşma: robotlar istifadəçinin davranışlarını təhlil edərək fərdi ehtiyaclara uyğun xidmət göstərə bilir. Məsələn, ev robotları istifadəçinin gündəlik rutinlərini öyrənib, məişət işlərində kömək edə bilər.

- Təbii dil və jestlərin tanınması: kompüter görmə texnologiyası sayəsində robotlar insan nitqini və jestlərini anlayaraq adekvat cavab verə bilir (Goodrich, et.al, 2007, p.203).

- Emosional süni intellekt: Müasir sistemlər insan duyğularını tanıyaraq ona uyğun reaksiya verə bilir. Bu xüsusiyyət sosial robotlar üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Gələcəkdə süni intellektlə öyrənən robotların təhsil, səhiyyə və psixoloji dəstək kimi sahələrdə daha geniş tətbiq olunacağı gözlənilir.

Avtonom Robotların Sənaye Tətbiqləri

Sənaye 4.0 konsepsiyasının inkişafı ilə avtonom robotlar istehsalat və logistika sahələrində mühüm yer tutmağa başlayıb.

Avtonom robotlar, istehsalat proseslərində müstəqil olaraq fəaliyyət göstərə bilən və insan müdaxiləsi olmadan tapşırıqları yerinə yetirə bilən robotlardır. Bu robotlar, sensörlər, kameralar və süni intellekt vasitəsilə ətraf mühitdən məlumat toplayır və həmin məlumatlara əsaslanaraq müstəqil qərarlar qəbul edir. Bu cür robotlar, xüsusilə daha mürəkkəb və təhlükəli mühitlərdə tətbiq olunurlar və sənayelərin müxtəlif sahələrində istifadə olunur.

Avtonom robotların istehsalat sahələrində tətbiqi, məsələn, avtomobil sənayesində və elektronika istehsalında geniş yayılmışdır. Bu robotlar, insan əməyini asanlaşdırır, məhsuldarlığı artırır və əməliyyat xərclərini azaldır. Eyni zamanda, robotlar daha yüksək dəqiqlik və sürətlə işləyərək istehsal proseslərini optimallaşdırır. İnternetin əşyaları (IoT) və böyük məlumat analitikası (big data analytics) vasitəsilə bu robotlar öz fəaliyyətlərini daha da təkmilləşdirirlər (Kompella, 2020).

Bundan əlavə, avtonom robotların müasir logistika sahəsində də tətbiqi diqqətə layiqdir. Avtonom yük maşınları və anbar robotları, malların daşınması və yerləşdirilməsi proseslərini daha effektiv və təhlükəsiz şəkildə həyata keçirirlər. Bu robotlar, məhsulların daşınmasında sürət və dəqiqlik təmin edir və insan səhvlərini minimuma endirir (Kompella M., 2020, p.134).

Avtonom robotlar müxtəlif sənaye sahələrində tətbiq olunurlar:

- Avtomatlaşdırılmış anbar və logistika sistemlərində. Logistika sektorunda avtonom robotlar anbar idarəçiliyini optimallaşdırmaq, məhsulları daşımaq və sifarişləri çeşidləmək üçün geniş istifadə olunur. Avtonom mobil robotlar (AMR) və Avtomatlaşdırılmış Rəhbərli Vasitələr (AGV) bu sahədə ən çox tətbiq edilən texnologiyalardır. Bunlara aşağıdakıları göstərə bilərik:

- Amazon Robotics: anbarlarda robotik sistemlər məhsulları avtomatik yığır və daşıyır.

- AGV-lər: sənaye müəssisələrində öncədən müəyyən olunmuş marşrutlar üzrə hərəkət edərək materialları daşıyır.

- Dron texnologiyaları: Sürətli inventar idarəçiliyi və uzaq məsafəli çatdırılma proseslərini həyata keçirir.

- Avtonom istehsalat robotları. İstehsalatda avtonom robotlar montaj, qaynaq, boyama və keyfiyyət nəzarəti kimi prosesləri icra edir. Süni intellekt əsaslı adaptiv sistemlər istehsal xəttində real vaxt rejimində məlumat toplayaraq qərar verir və əməliyyatlarını optimallaşdırır (Lee J. et al., 2020, p. 18). Bunlara aşağıdakılar aiddir :

- Kooperativ robotlar (Cobotlar): insanlarla birgə işləyərək təhlükəsiz və çevik istehsalat mühiti yaradır.

- Öz-özünə öyrənən robotlar: maşın öyrənməsi sayəsində operator müdaxiləsi olmadan yeni istehsal şərtlərinə uyğunlaşır.

- Keyfiyyətə nəzarət robotları: kamera və sesorlar vasitəsilə məhsulun keyfiyyətini avtomatik qiymətləndirir.

• Sənaye təhlükəsizliyində avtonom robotlar. Avtonom robotlar sənaye obyektlərində təhlükəsizliyin artırılması üçün də geniş istifadə olunur. Bu sistemlər insan həyatı üçün riskli mühitlərdə fəaliyyət göstərir və potensial təhlükələri əvvəlcədən müəyyən edir. Bunlara aiddir:

- Nəzarət və patrul robotları: fabrik və müəssisələrdə təhlükəsizlik patrulu aparır.

- Fövqəladə vəziyyətlərdə istifadə: yanğısöndürmə və radiasiya təhlükəsi olan zonalarda avtonom robotlar insan müdaxiləsi olmadan fəaliyyət göstərir.

Avtonom robotların sənaye sahələrinə tətbiqinin gələcək perspektivləri avtonom robotların süni intellekt və sensor texnologiyaları ilə təkmilləşdirilməsi, onların sənayedə rolunu daha da artıracaq. Tam avtonom fabriklər, ağıllı logistika sistemləri və insanlarla daha uyğun əməkdaşlıq edən robotlar gələcək sənaye mühitinin əsas elementləri olacaqdır (Schwab, K., 2016).

Nəticə

Süni intellektlə öyrənən robotlar, sənaye 4.0-ın inkişafında mühüm rol oynayır və istehsal, logistika, səhiyyə kimi müxtəlif sahələrdə inqilabi dəyişikliklərə səbəb olur. Kooperativ robotlar və avtonom sistemlər həm insanlar, həm də robotlar üçün yeni əməkdaşlıq imkanları yaradır. Bu robotlar, yalnız müəyyən tapşırıqları yerinə yetirməklə qalmır, həm də çevik şəkildə mühitə uyğunlaşaraq öz fəaliyyətlərini təkmilləşdirirlər.

Gücləndirici öyrənmə, dərin öyrənmə və digər süni intellekt metodlarının istifadəsi, robotların müstəqil şəkildə öyrənmə və qərar vermə qabiliyyətlərini artırır. Bu texnologiyalar istehsalın optimallaşdırılması və əməliyyatların sürətləndirilməsi baxımından böyük potensiala malikdir. Bununla yanaşı, sənayelərdə təhlükəsizlik və etibarlılıq məsələləri hələ də aktual qalır. Robotların insanlarla təhlükəsiz əməkdaşlığını təmin etmək üçün yeni standartlar və texnoloji inkişaflar tələb olunur.

Gələcəkdə, süni intellektlə öyrənən robotların tətbiq dairəsi daha da genişlənəcək. 5G texnologiyası və böyük məlumat analitikası kimi yeniliklər, robotların daha sürətli və daha ağıllı şəkildə fəaliyyət göstərməsini təmin edəcək. Eyni zamanda, robotların əmək bazarına təsiri və insan işçiləri ilə qarşılıqlı əlaqə məsələləri, gələcəkdə daha çox diqqət tələb edəcək.

Ümumilikdə, süni intellektlə öyrənən robotlar sənayenin gələcəyində həlledici rol oynayacaq və insan həyatını daha asan və təhlükəsiz edəcək. Lakin, onların geniş tətbiqi üçün etik, hüquqi və sosial məsələlər hələ də əsas araşdırma mövzusu olaraq qalır.

Ədəbiyyat

1. Bogue, R. (2018). Cobots: The rise of the collaborative robots. *Industrial Robot: An International Journal*, 45(6), 759-764. <https://doi.org/10.1108/IR-05-2018-0084>
2. Goodrich, M. A., & Schultz, A. C. (2007). **Human-robot interaction: A survey.** *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 1(3), 203-275. <https://doi.org/10.1561/11000000005>
3. Huang, Z., Wang, L., & Chen, X. (2019). Flexible learning methods for collaborative robots. *Journal of Robotics and Automation*, 8(2), 123-135. <https://doi.org/10.1007/s13360-019-0045-2>
4. Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, 349(6245), 255-260. <https://doi.org/10.1126/science.aaa8415>
5. Kompella, M. (2020). Autonomous robots in manufacturing and logistics. *Journal of Advanced Robotics*, 34(7), 134-141. <https://doi.org/10.1109/JAR.2020.01012>
6. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. E. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
7. Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2018). **A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems.** *Manufacturing Letters*, 3(1), 18-23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.02.002>
8. Schwab, K. (2016). **The fourth industrial revolution.** World Economic Forum.
9. Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). Reinforcement learning: An introduction (2nd ed.). MIT Press.
10. Zhang, J., Tao, F., & Nee, A. Y. C. (2020). **Digital twin and smart manufacturing.** *Advanced Engineering Informatics*, 48, 101-115. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101115>

ИНДУСТРИЯ 4.0 И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: НОВАЯ ЭРА АВТОМАТИЗАЦИИ

Махмудова Сима Вели кызы

Резюме

В данной статье подробно анализируется развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) и их применение в промышленных роботах. Основное внимание уделяется роли методов глубокого обучения в эволюции промышленных роботов.

В современную эпоху повышенный спрос на автоматизацию в промышленности делает технологии ИИ особенно актуальными для повышения производительности и качества. Алгоритмы глубокого обучения позволяют роботам обрабатывать сложную информацию, распознавать окружающую среду и принимать соответствующие решения. Благодаря этим технологиям роботы уже не ограничиваются заранее запрограммированными действиями, а способны обучаться и адаптироваться.

В статье рассматриваются достижения, используемые методы и существующие трудности в данной области.

В заключение предлагаются направления дальнейших исследований и перспективы для создания более интеллектуальных и автономных промышленных роботов. Работа представляет научную и практическую ценность в контексте применения ИИ в рамках Индустрии 4.0.

Ключевые слова: Автономные роботы, искусственный интеллект, глубокое обучение, промышленная автоматизация, робототехнические технологии, производственные процессы, машинное обучение, адаптивные системы.

INDUSTRY 4.0 AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A NEW ERA OF AUTOMATION

Abstract

This article provides an in-depth analysis of the development of artificial intelligence (AI) technologies and their application in industrial robots. The main focus is on the role of deep learning methods in the evolution of industrial robotics.

In the modern era, the increasing demand for automation in industry has heightened the importance of AI technologies to improve productivity and quality. Deep learning algorithms enable robots to process complex data, recognize their environment, and make appropriate decisions. With these technologies, robots are no longer limited to pre-programmed tasks but can learn and adapt.

The article also discusses the achievements, applied methods, and existing challenges in this field.

Finally, research directions and future prospects are proposed to enable industrial robots to become more intelligent and autonomous. This study holds significant scientific and practical value in the context of AI implementation within Industry 4.0.

Keywords: Autonomous robots, artificial intelligence, deep learning, industrial automation, robotic technologies, manufacturing processes, machine learning, adaptive systems.

BLOCKCHAIN BASED IDENTITY AUTHORIZATION SYSTEM: SECURE IDENTITIES

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537927>

Öznur SUÇEKEN

oznursuceken@mu.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-6184-2442

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Osman ÖZKARACA

osmanozkaraca@mu.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-0964-8757

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

ABSTRACT

Identity management in the digital age is critical due to security and privacy requirements. Traditional centralized authentication systems face risks such as data breaches and identity theft. Blockchain technology offers innovative solutions to these problems thanks to its decentralized, transparent and immutable structure. First introduced with Bitcoin, blockchain has been widely used in non-financial areas as well. Blockchain-based authentication systems give users full control over their credentials and offer secure data storage. Academic studies reveal the advantages of blockchain-based identity management in terms of security, privacy and efficiency. In particular, Decentralized Identity (DID) systems allow users to securely manage their identity data. Smart contracts and decentralized storage solutions are important components that increase the effectiveness of these systems. Blockchain-based identity management has been applied in various sectors such as healthcare, finance, e-Government and logistics, and provides a trusted and transparent structure, especially in electronic voting and e-Government systems. While these systems have advantages such as decentralization, immutability and transparency, they face some challenges such as scalability, user experience and regulatory requirements. In the future, blockchain-based identity management systems are expected to become widespread and create a user-centric digital ecosystem. However, technical and legal barriers such as scalability and regulatory hurdles need to be overcome. In this study, blockchain methodology, security properties, potential applications and especially its applications in identity control systems are comprehensively analyzed.

Key words: Blockchain, cryptography, cyber security, identity authorization system.

1. INTRODUCTION

The rapidly evolving technological infrastructure of the digital age is transforming security and privacy requirements. Therefore, digital identity management issues of individuals and organizations are becoming more critical [1]. Today, the concept of identity has evolved into a multidimensional construct that encompasses not only demographic information, but also

access to digital assets, financial transactions, and social interactions [2]. This makes it imperative that authentication systems are supported by innovative solutions that offer high reliability, transparency and scalability. However, traditional centralized identity management systems face serious problems such as data breaches, identity fraud, and restriction of user autonomy [3]. In this context, blockchain-based identity control systems have become the focus of academic and industrial research as a decentralized and reliable alternative [4].

Blockchain technology was first introduced by Satoshi Nakamoto (2008) to create the infrastructure for Bitcoin, but over time it has been adopted beyond financial applications to identity management supply chain and voting systems [5]. Based on “Distributed Ledger Technology (DLT)”, these systems provide unalterable and transparent transaction records through cryptographic hash functions and consensus mechanisms [6]. Each block contains the hash value of the previous block, maintaining data integrity along the chain and mathematically preventing unauthorized changes [7]. Decentralization, immutability and transparency are the key features of blockchain, offer unique advantages for authentication [8]. Decentralization increases data security by eliminating the risk of single point of failure. Immutability prevents tampering with the historical record of credentials, while transparency supports auditability [9]. In traditional systems, credentials are usually stored in centralized databases by third-party service providers, causing users to lose control over their personal data. However, there are some barriers to the adoption of this technology. Scalability, user experience, legal regulations and standardization are the main challenges. This paper aims to analyze the current state, advantages and limitations of blockchain-based identity control systems based on the literature and discuss sectoral applications (healthcare, e-government) and future research directions [10]. Various solutions have been proposed to overcome these challenges, such as layered architecture approaches, user-friendly interfaces, compliance frameworks, and advanced security protocols.

Studies in the literature reveal the potential benefits, implementation challenges, and future development areas of blockchain-based identity control systems. Zyskind et al. (2015) examines the techniques used to enhance privacy in blockchain-based identity management systems. The study discusses the potential of blockchain to provide privacy-oriented identity management solutions [11]. Ølnes et al. (2017) examines the role of blockchain in e-government applications and reveals its potential to provide transparency and reliability in public services [12]. In a study by Momot et al. (2018), they discuss the functionality of smart contracts by addressing the application issues of DLT and blockchain technology. The study emphasizes that the decentralized nature of blockchain-based identity management systems provides reliability and transparency [13]. Filipova (2018) evaluates the potential of blockchain in developing new business models as well as risks such as customer trust and legal barriers. This study discusses the advantages of blockchain-based identity management systems in ensuring data security and privacy [14]. Another study by Yang et al. (2018) examines the potential of blockchain to enhance accountability in various industries. This

research provides a comparison of blockchain platforms based on criteria such as usability, limitations, and performance, and discusses the role of artificial intelligence in future applications [15]. Syed (2019) shows that blockchain enhances data security by enabling the tracking of digital identities without the need for a centralized database. Syed demonstrates the superiority of blockchain-based identity management systems in ensuring data integrity and reliability [16]. Delgado-Mohatar et al. (2019) examines the integration of blockchain technology with biometric data and discusses how both technologies can complement each other. The study suggests that securely storing biometric data on blockchain can provide high levels of security in authentication processes [17]. Taylor et al. (2020) emphasizes the importance of blockchain-based identity control systems for secure and transparent data management and explains the role of smart contracts in these systems [18]. A study by Liu et al. (2020) discusses the concept of Self-Sovereign Identity (SSI) and explains the role of blockchain in providing decentralized identity management. They emphasize that this model allows users to have full control over their personal data [19]. Chen et al. (2020) examine the use of blockchain-based identity management in the education sector and propose blockchain-based solutions for the secure storage of student credentials. It is suggested that these systems can facilitate data sharing between educational institutions [20].

Based on the findings of the reviewed studies, it is predicted that blockchain technology will play a critical role in the development of digital security. In this study, the blockchain methodology, its potentials, the current state of identity control systems, the advantages it offers and the challenges it faces are comprehensively discussed.

2. METHODS

Blockchain technology is basically based on the principle of chaining data sets, called blocks, together with cryptographic links. Each block contains the hash value and transaction data of the previous block and a timestamp, creating an immutable system of record [21]. The security of this structure is based on cryptographic hash functions, in particular SHA-256 and Keccak-256. These functions mathematically guarantee data integrity. The security of blockchain networks also depends on consensus mechanisms. Mechanisms such as Proof of Work (PoW) and Proof of Stake (PoS) are designed to achieve distributed consensus among network participants [22]. In particular, the PoW mechanism used in the Bitcoin network offers a security model based on computational power, while the PoS model that Ethereum has transitioned to provides significant advantages in terms of energy efficiency. Apart from cryptographic encryption and consensus mechanisms, smart contracts constitute one of the most innovative applications of blockchain technology. These self-executable programs developed on the Ethereum platform can automatically execute transactions when predefined conditions are met [23]. This technology can be used in many areas, especially in Decentralized Finance (DeFi) applications. The DLT of the blockchain is based on the principle of keeping data synchronized across all nodes in the network. Each node stores a copy of the blockchain and participates in the process of transaction verification in the

network [24]. This structure allows for decentralized control of data without relying on a single authority, eliminating the risk of single point failure and increasing the resilience of the system. However, scalability issues limit transaction speeds, especially in large networks such as Bitcoin and Ethereum [25]. Second layer solutions such as the Lightning Network, developed as a solution to this problem, aim to reduce the main chain load [26]. The 51% attack is an important concept in blockchain technology. This attack can occur when an attacker controls 51% of the computing power in the blockchain network, allowing the attacker to manipulate transactions or add new blocks. New threats, for example quantum computers, have the potential to break existing cryptographic algorithms, so quantum-resilient algorithms are being developed and are critical for the future security of blockchain [27].

The applications of blockchain technology in the field of identity management are gaining importance, especially within the framework of the SSI concept [28]. Decentralized Identifiers (DIDs), Web of Trust and Verifiable Credentials (VCs) standardized by W3C enable users to have full control over their personal data [29]. Platforms such as Blockpass and Civic provide effective solutions in Know Your Customer (KYC)/Anti-Money Laundering (AML) processes that allow users to share their identities in a secure and private manner by hosting identity data that can be verified by a specific institution or person with these technologies.

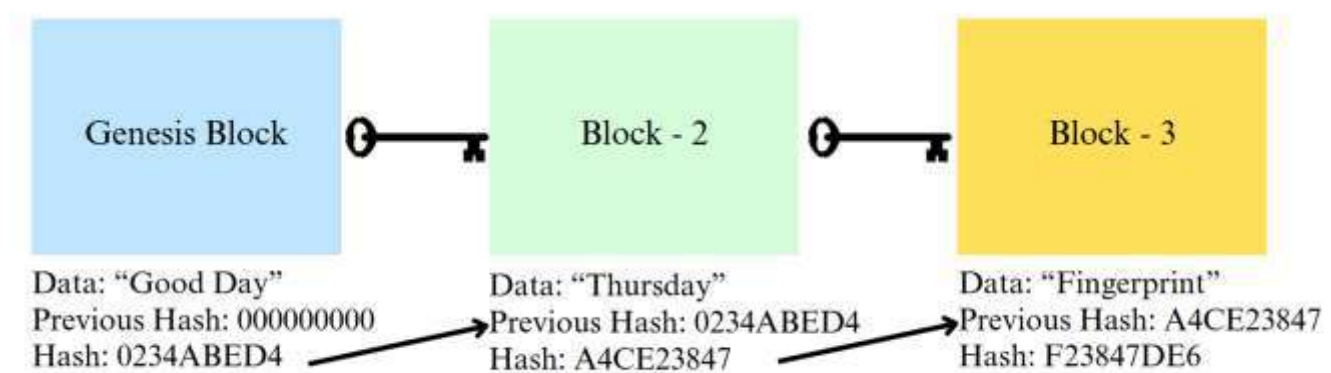


Fig 1. Simple Blockchain Structure

Figure 1 shows a simple blockchain structure. This image consists of three blocks that illustrate a basic blockchain structure. A blockchain is an interconnected data recording system where each block references the hash value of the previous block. The first block, the Genesis Block, contains the data "Good Day" and since it is the starting block, its previous hash value is 000000000. The hash value of this block is calculated as 0234ABED4. The second block, Block-2, contains the data "Thursday" and its previous hash value is 0234ABED4, which is the hash of the Genesis Block. The block's own hash value was generated as A4CE23847. The third block, Block-3, has the "Fingerprint" data and its previous hash value was A4CE23847, the hash of Block-2. The hash value of this block is also generated as F23847DE6. This structure reflects the basic principle of the blockchain. Each block maintains

the integrity of the chain by containing the hash value of the previous block. If the data of one block is changed, the hash value is also changed, creating a mismatch with subsequent blocks, which ensures the security of the system. The fact that the Genesis Block has a special structure and subsequent blocks are linked to each other by hash values demonstrates the transparent and immutable nature of the blockchain.

2.1. Decentralized Identifiers (DID)

Decentralized Identifiers form the basic building block of blockchain-based authentication systems. DIDs allow users to create and manage unique digital identities without the need for centralized authorities. This system ensures that identity information is stored and verified in an integrated manner with cryptographic security signature measures provided by blockchain technology. The DID architecture eliminates the need for trust in third parties in data sharing processes. Users can determine with whom, when and how their identity data is shared. With this approach, user privacy can be increased and identity breaches can be significantly reduced. DID solutions are implemented through various platforms such as Sovrin, uPort and Microsoft ION. These platforms shape the DID standard according to the principles defined by the W3C and offer secure, transparent and sustainable digital identity systems [30].

2.2. Smart Contracts

Smart contracts are snippets of code that run on the blockchain and execute automatically when predetermined conditions are met. In identity management systems, these contracts ensure that processes such as verification, authorization and data access are secure, automatic and free from human error [31]. Blockchain platforms such as Ethereum, Hyperledger Fabric and Corda offer infrastructures with different capabilities for authentication scenarios. For example, the ERC-725 and ERC-735 standards running on Ethereum provide the basis for the creation and authorization of digital identities. The integration of smart contracts into identity systems increases the security of digital transactions, reduces costs and eliminates dependency on intermediaries [32].

2.3. Decentralized Storage Solutions

Blockchain based identity systems require secure storage of not only identifiers but also related identity data. At this point, decentralized storage solutions offer a more secure, resilient and non-intrusive infrastructure than traditional centralized servers. Protocols such as InterPlanetary File System (IPFS) allow data to be stored in a distributed manner by fragmenting it. This minimizes risks such as data loss, censorship, attacks and single point failure. IPFS works in integration with blockchain to provide access to identity documents in DID systems [33].

2.4. Privacy Technologies

Alongside the security of blockchain-based identity systems, user privacy is a key priority. Zero-Knowledge Proofs (ZKP) technologies allow a user to prove that he or she possesses certain knowledge without revealing that knowledge itself. In particular, Zero-Knowledge Succinct Non-Interactive Argument of Knowledge (zk-SNARKs) and Zero-Knowledge Scalable Transparent Arguments of Knowledge (zk-STARKs) technologies make it possible to verify user data without disclosure. In this way, authentication processes can be carried out both securely and confidentially. These technologies also make it possible to collaborate on identity data, which is critical for enterprise and government applications [34].

RESULTS

Blockchain-based identity management systems are transforming a wide range of industries by enabling more secure, transparent and user-centric management of digital identities. Thanks to their decentralized nature, these systems allow individuals to have full authority over their identity data and guarantee the secure storage of data [35]. The distributed ledger structure brought by blockchain technology provides higher security, lower cost and more transparency in authentication processes compared to traditional centralized identity systems. This technology offers significant advantages especially in areas such as e-Government systems, digital voting, online identity verification. Estonia's "e-Residency" program stands out as one of the pioneering applications in this field. Through this program, digital identity cards are provided to citizens, thus enabling secure access to online public services [36]. In electronic voting systems, processes such as voting, identity verification and recording of votes are supported by blockchain to increase the transparency and reliability of elections. In order to increase security in authentication processes, blockchain systems can be integrated with biometric data. Matching biometric features such as fingerprints, facial recognition and iris scans with identities registered on the blockchain network greatly reduces the risk of identity fraud and makes the verification process automatic and reliable. This increases user security and system efficiency in accessing online services [37].

In the healthcare sector, the security and transparency offered by blockchain technology is of great importance in terms of protecting the confidentiality of patient data. In particular, the ability to securely share patient records between various healthcare organizations and maintain the patient's control over the data increases the efficiency of healthcare services. Applications such as HealthChain developed by IBM securely ensure the accuracy and accessibility of medical information [38]. In the financial sector, integrating blockchain technology into "Know Your Customer (KYC)" processes enables the reuse of user data, eliminating transaction duplication and reducing transaction costs. In this way, banking and financial institutions can perform identity verification processes both more efficiently and in compliance with regulations [39]. Supply chain management is another area that benefits from the advantages offered by blockchain-supported authentication. Ensuring the

traceability of products from production to the final consumer reduces risks such as counterfeiting and data manipulation. By creating a digital identity for each product, these systems enable transparent tracking of product history [40]. Similarly, in the real estate sector, keeping title deed records digitally on blockchain makes property transfers faster, safer and legally binding [41]. Blockchain systems also offer important opportunities in digital copyright management. Especially in the music industry, secure storage of artists' works and transparent monitoring of revenues reduce copyright violations and protect the rights of the artist [42]. In the logistics and transportation sectors, blockchain technology provides transparency and accountability in delivery processes by enabling the tracking of every stage of shipments [43].

Performance analyses of blockchain-based identity management systems reveal that this technology provides significant contributions in terms of user experience and system efficiency. Studies show that interaction speed increases by 30%, user satisfaction improves by 40%, and verification time decreases by 50%. In addition, a 70% decrease in the risk of data breach has been detected [37]. These findings show that blockchain has high potential in terms of both security and operational efficiency in identity verification processes as an alternative to centralized structures.

DISCUSSION

Blockchain based identity management systems are groundbreaking in terms of ensuring the security of digital identities, providing users with full control over data, and reducing dependency on intermediary institutions. The DID structures underlying these systems have the potential to eliminate security vulnerabilities and data breach risks in classical centralized systems by enabling individuals to directly manage their digital identities. These developments not only make existing digital services more secure, but also bring with them a brand new understanding of digital identity with the vision of a decentralized internet such as Web3. Identity systems supported by the Web3 infrastructure enable individuals to establish full ownership of their digital assets, making identity verification processes both faster and more reliable. This transformation contributes to individuals providing freer and more secure access to online services, while also playing a key role in the construction of a user-centric internet.

The most critical application area of Blockchain-based identity verification is Decentralized Finance (DeFi) platforms. Complex identity verification processes in traditional financial systems become simpler, more transparent, and less costly with DID integration in DeFi environments. This both increases user security and democratizes access to financial systems. The ability to securely verify digital identities, especially in virtual environments such as the Metaverse, increases both user experience and system security. Thus, blockchain not only secures digital identity security, but also the representation and interaction of individuals in

virtual environments. However, despite all this potential, there are some structural problems that prevent the global adoption of blockchain-based identity management systems. In particular, the limited transaction capacity of blockchain networks brings with it scalability problems in applications with a large user base. These problems can cause transaction costs to increase and transaction times to extend as network density increases. In addition, the fact that legal frameworks have not yet been clarified both at the national level and on international platforms increases security and compliance risks for service providers and users. Therefore, the establishment of legal regulations, determination of standards and harmonization of regulations with technology are of great importance for the sustainability of the system.

Blockchain-based identity management systems offer innovative solutions that strengthen the dominance of individuals over their identities in the digital age by enabling the secure, transparent and user-centered management of digital identities. Thanks to DID structures, individuals directly hold the ownership of their identity data, while experiencing a more holistic and integrated digital experience with new generation technological platforms such as Web3 and DeFi. Providing identity verification with blockchain in virtual environments such as the Metaverse offers new opportunities in terms of digital representation and security. The proliferation of these systems depends not only on technical developments, but also on solving scalability problems and clarifying regulatory structures in the legal framework. In this direction, blockchain technology is not only a technical solution in the future of digital identity management, but also a candidate to be the fundamental building block of a safer, freer and more user-oriented digital world. It is expected that blockchain-based mobile identity solutions will be implemented in more than 30 countries by 2025. It is anticipated that the effective use of these systems in many sectors, from public administration to health, from finance to logistics, will provide a direct response to the security, transparency and data integrity demands of the digital age and will guide digital transformation processes.

REFERENCES

- [1] Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system.
- [2] Toth, K. C., & Anderson-Priddy, A. (2019). Self-sovereign digital identity: A paradigm shift for identity. *IEEE Security & Privacy*, 17(3), 17-27.
- [3] Mavroeidis, V., Vishi, K., Zych, M. D., & Jøsang, A. (2018). The impact of quantum computing on present cryptography. *arXiv preprint arXiv:1804.00200*.
- [4] Dunphy, P., & Petitcolas, F. (2018). A First Look at Identity Management Schemes on the Blockchain. *IEEE Security & Privacy*.
- [5] Kshetri, N. (2021). Blockchain and sustainable supply chain management in developing countries. *International journal of information management*, 60, 102376.

- [6] Androulaki, E. et al. (2018). *Hyperledger Fabric: A Distributed Operating System for Permissioned Blockchains*. ACM EuroSys.
- [7] Tschorsch, F., & Scheuermann, B. (2016). Bitcoin and Beyond: A Technical Survey on Decentralized Digital Currencies. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*.
- [8] Sullivan, C., & Burger, E. (2017). E-residency and blockchain. *Computer law & security review*, 33(4), 470-481.
- [9] Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). *Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things*. IEEE Access.
- [10] Ferdous, M. S., Chowdhury, F., & Alassafi, M. O. (2019). In search of self-sovereign identity leveraging blockchain technology. *IEEE access*, 7, 103059-103079.
- [11] Zyskind, G., Nathan, O., & Pentland, A. (2015). "Decentralizing Privacy: Using Blockchain to Protect Personal Data."
- [12] Ølnes, S., Ubacht, J., & Janssen, M. (2017). "Blockchain in government: Benefits and implications of distributed ledger technology for information sharing."
- [13] Momot, A., Sandkuhl, K., & Borchardt, U. (2018). "Smart Contracts: Implications and Challenges for Legal Aspects."
- [14] Filipova, N. (2018). "Blockchain: A Catalyst for New Business Models."
- [15] Yang, M., Lo, D., & Sun, J. (2018). "A Survey of Blockchain-based Accountability Applications."
- [16] Syed, A. R. (2019). "Blockchain and Digital Identity: A Synergistic Combination for Data Security."
- [17] Delgado-Mohatar, O., Fierrez, J., Tolosana, R., & Vera-Rodriguez, R. (2019). "Blockchain and Biometrics: A First Look into Opportunities and Challenges."
- [18] Taylor, P., Kumar, R., & Tripathi, R. (2020). "Blockchain-Based Identity Audit Systems: Ensuring Secure and Transparent Data Management."
- [19] Liu, Y., Lu, Q., Paik, H.-Y., & Xu, X. (2020). "Design Patterns for Blockchain-based Self-Sovereign Identity."
- [20] Chen, W., Xu, W., & Liu, J. (2020). "Blockchain-Based Identity Management in the Education Sector: A Review."
- [21] Narayanan, A., et al. (2016). *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies*. Princeton University Press.
- [22] Buterin, V. (2013). *Ethereum Whitepaper: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform*.

- [23] Szabo, N. (1997). Formalizing and securing relationships on public networks. First monday.
- [24] Tschorsch, F., & Scheuermann, B. (2016). Bitcoin and beyond: A technical survey on decentralized digital currencies. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(3), 2084-2123.
- [25] Croman, K., et al. (2016). On Scaling Decentralized Blockchains. FC 2016.
- [26] Poon, J., & Dryja, T. (2016). The Bitcoin Lightning Network. Lightning Network.
- [27] Fernández-Caramés, T. M., & Fraga-Lamas, P. (2020). A Review on Blockchain Technologies for an Advanced and Cyber-Resilient Automotive Industry. IEEE Access.
- [28] Windley, P. J. (2021). Self-Sovereign Identity. Manning Publications.
- [29] Sporny, M., Longley, D., Sabadello, M., Reed, D., Steele, O., & Allen, C. (2022). Decentralized Identifiers (DIDs) v1. 0. W3C Recommendation. World Wide Web Consortium (W3C).
- [30] Tobin, A., & Reed, D. (2016). *The Inevitable Rise of Self-Sovereign Identity*. Sovrin Foundation.
- [31] Buterin, V., et al. (2020). Ethereum 2.0 Specifications. Ethereum Foundation.
- [32] Hardjono, T., Smith, N., & Pentland, A. (2019). Decentralized Trusted Identity. arXiv preprint arXiv:1907.07344.
- [33] Benet, J. (2014). Ipfes-content addressed, versioned, p2p file system. arXiv preprint arXiv:1407.3561.
- [34] Ben-Sasson, E., Chiesa, A., Garman, C., Green, M., Miers, I., Tromer, E., & Virza, M. (2014). *ZeroCash: Decentralized Anonymous Payments from Bitcoin*. IEEE Symposium on Security and Privacy.
- [35] Zyskind, G., Nathan, O., & Pentland, A. (2015). Decentralizing Privacy: Using Blockchain to Protect Personal Data. *IEEE Security and Privacy Workshops*, 180–184.
- [36] Vassil, K., Solvak, M., Vinkel, P., Trechsel, A. H., & Alvarez, R. M. (2016). The diffusion of internet voting. Usage patterns of internet voting in Estonia between 2005 and 2015. *Government information quarterly*, 33(3), 453-459.
- [37] Grüner, A., Mühle, A., Gayvoronskaya, T., & Meinel, C. (2018, July). A quantifiable trust model for blockchain-based identity management. In 2018 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData) (pp. 1475-1482). Ieee.

- [38] Azaria, A., Ekblaw, A., Vieira, T., & Lippman, A. (2016, August). Medrec: Using blockchain for medical data access and permission management. In 2016 2nd international conference on open and big data (OBD) (pp. 25-30). IEEE.
- [39] Chen, L., et al. (2021). Post-Quantum Cryptography Standardization. NIST.
- [40] Kshetri, N. (2018). 1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of information management*, 39, 80-89.
- [41] Lemieux, V. L. (2016). Trusting records: is Blockchain technology the answer?. *Records management journal*, 26(2), 110-139.
- [42] O'Dair, M., & Beaven, Z. (2017). The networked record industry: How blockchain technology could transform the record industry. *Strategic Change*, 26(5), 471-480.
- [43] Treiblmaier, H. (2018). The impact of the blockchain on the supply chain: a theory-based research framework and a call for action. *Supply chain management: an international journal*, 23(6), 545-559.

PİLOTSUZ UÇUŞ APARATLARIN MÜŞAHİDƏ İMKANLARININ TƏDQİQ EDİLMƏSİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537939>

Rasim NƏBIYEV

nabiyevrasim@gmail.com

ORCID ID:0000-0002-1727-0360

Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası

Anar ABDULLAYEV

anarcafarov009@gmail.com

ORCID ID:0000-0001-7672-3940

Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası

Xülasə

Məqalədə fəvqaladə vəziyyətlərdə, sərhəd təhlükəsizliyində, su ehtiyatlarının qiymətləndirilməsi və xəritəçəkmədə, eləcə də arxeoloji və geoloji tədqiqatlar zamanı pilotsuz uçuş aparatlarının tətbiqinin səmərəliliyi nəzərdən keçirilmişdir. Pilotsuz uçuş aparatları vasitəsi ilə müşahidə zamanı qarşıya çıxan tipik problemlərin müzakirəsi və maraq sahəsinə uyğun təsnif edilən kateqoriyalar öyrənilmiş, təhlil edilmiş və ümumiləşdirilmişdir. Həmçinin mövcud yanaşmaların və mümkün həll yollarının məhdudiyyətləri, təqdim olunan tədqiqat istiqamətlərində olan boşluqlar və gələcək tətbiq istiqamətlərinin müzakirəsi təqdim edilmişdir. Pilotsuz uçuş aparatı sistemlərinin avtonomluğunun, etibarlılığının və səmərəliliyinin yüksəldilməsi, eləcə də süni intellekt və böyük həcimdə verilənlərin analitik analizi, həmçinin digər texnologiyalara integrasiyası kimi məsələlərin tədqiqatçılar tərəfindən araşdırılmasına böyük ehtiyacın olması qeyd edilmişdir. Müşahidə tapşırıqlarının yerinə yetirilməsində pilotsuz uçuş aparatlarından istifadənin üsul və vasitələri ətraflı öyrənilərək təhlil edilmişdir.

Pilotsuz uçuş aparatlarından hüquq mühafizə orqanlarının, güc qurumlarının, kənd təsərrüfatı, mədən sənayesi, xəritəçəkmə və ekoloji monitoring fəaliyyətləri zamanı heyətin operativ işləməsinin təmin edilməsində, eləcə də onların vacib kəşfiyyat və vizual izləmə görüntü məlumatları ilə təmin edilməsində, ən əsası təhlükəsizlik risklərinin əhəmiyyətli dərəcədə azaldılmasında müvəffəqiyyətlə tətbiq edildiyi qeyd edilmişdir.

Açar sözlər: Pilotsuz uçuş aparatları, müşahidə, optimallaşdırma, elektron-optik kamera, süni intellekt

artificial intelligence

Giriş. Məqalədə pilotsuz uçuş aparatlarından (PUA) istifadənin ətraf mühitin monitoringində, xəritəçəkmədə, arxeoloji tədqiqatlarda, sərhəd təhlükəsizliyində, mədən sənayesində rolu öyrənilmiş, eləcə də qeyd edilən istiqamətlərin davamlı olaraq inkişafı və resursların idarə edilməsində yeni perspektivləri necə təmin etdiyi araşdırılmışdır. Müasir dövrdə ətraf mühitin və resursların qlobal idarə edilməsi getdikcə əsas problemə çevrildiyindən innovativ texnologiyaların tətbiqi ən yüksək həddə çatmışdır. PUA texnologiyası ətraf mühitin və resursların müşahidəsi, eləcə də nəzarəti üçün yeni imkanlar təklif edir.

PUA-lar elektron-optik müşahidənin aparılması ilə ətraf mühitin mühafizəsi, resurslardan davamlı istifadə və elmi tədqiqatların həllində yeni üsullar və analitik həllər

təqdim etmişdir. Bu məqsədlə məqalədə arxeologiya, xəritəçəkmə, dəniz fəaliyyətləri, meşə və ağıllı kənd, geologiya, mədən və vulkanların öyrənilməsi üçün PUA ilə müşahidəni nəzərdən keçirəcəyik [1-4].

PUA-lara integrasiya olunan elektron-optik (gündüz, gecə, termal və İQ) sistemlərin köməyi ilə operator real zamanda maraq doğuran obyektlərini müşahidə etməklə onlar haqqında kəşfiyyat məlumatlarını toplaya bilər. Texniki xüsusiyyətlərindən asılı olaraq orta və böyük ölçülü PUA-ların müşahidə aparmaq üçün üstün cəhətləri kimi xarakterizə etmək olar:

- havada 20-30 saatdan çox qalma imkanı;
- tapşırıqdan asılı olaraq uçuş sürətini tənzimləməyin mümkünlüyü;
- meteoroloji vəziyyətdən asılı olaraq daha yüksək pilotaj limitləri daxilində olması

PUA-ların ətraf mühit və resursları müşahidə imkanı daha kompleks perspektiv yanaşmanı və innovativ texnologiyə səviyyənin inkişafını tələb edir. Belə ki:

- məlumatların ümumiləşdirilməsinə və mərkəzləşdirilməsinə;
- zamana görə görüntü fərqlərinin müqayisəli analizinin aparılması üçün program təminatı imkanlarının artırılmasına;

- xəritəçəkmə sənayesi üçün xammal rolunu oynayan yüksək ayırdetməli üstün keyfiyyətə sahib görüntünün əldə edilməsinin sadələşməsi [5, 6].

Pilotlu və pilotsuz uçuş aparatları ilə patrul-nəzarət və müşahidə uçuşunun aparılmasını müqayisə etdikdə PUA-nın həm güclü həm də zəif cəhətlərini müəyyən etmək mümkün olar. PUA-dan istifadənin əsas üstünlüklərinə daxildir:

- uzaq məsafədə və çətin keçilən ərazilərdə geniş taktiki imkanlara malik olması;
- insan həyatı üçün təhlükənin, riskin olmaması;
- uçuşun dəyərinin aşağı olması;
- vizual, akustik və radioelektron aşkaredilmə vasitələri ilə aşkarlanma ehtimalının aşağı olması;
- qiymətinin pilotlu aviasiya ilə müqayisədə çox aşağı olması.

PUA-nın üstün cəhətlərinə baxmayaraq onların müşahidə, tətbiq və pilotaj imkanlarına mane olan bəzi problemlər zaman-zaman qeydə alınmışdır. Təəssüf ki, PUA-dan istifadənin ilk dövrlərdə bir sıra qəza hadisələri qeydə alınmışdı. Zaman keçdikcə PUA-ların naviqasiya, aerodinamika və avionika aqreqlərində aparılan təkmilləşmə işləri daha keyfiyyətli və təhlükəsiz üstün keyfiyyətə sahib yeni nəsil PUA-ların yaranmasına gətirib çıxarmışdır [7].

PUA-ların digər çatışmayan cəhətinə, müşahidə aparmaq üçün təyinatlı olan elektron-optik və İQ cihazın fəaliyyətinin meteoroloji şəraitdən (duman, çən, buxarlanma, ilin fəslindən, havanın təmizliyindən) bir başa asılı olmasıdır. Optik sistemin fəaliyyətinə bulud və yüksək rütubət ən çox təsir edən amillərdəndir [8-10].

Müşahidə məqsədləri üçün yuxarıda qeyd edilən təsirləri minimuma endirmək üçün, PUA-larda sintetik aperturalı (SAR) radiolokasiya sistemlərinin (RLS) quraşdırılması ilə bu çatışmazlıqları aradan qaldırılmasına çalışılmışdır. Lakin bu tip RLS-lər ilk dövrlərdə hərəkətdə olan hədəflərin izlənməsində zəif nəticə göstərmişdilər. Bu səbəbdən əlavə olaraq sintetik aperturalı RLS-lərə hərəkətin indikasiya sistemi integrasiya edilməklə qeyd edilən çatışmazlıqları aradan qaldırılmasına çalışılmışdır. Belə geniş funksiyalar PUA-nın qiymət, istismar və texniki qulluq xərclərinin artmasına səbəb olmuşdu [11, 12].

1. PUA ilə müşahidə apararkən qeydə alınan boşluqlar. PUA ilə müşahidə aparmaqla ətraf mühitin mühafizəsi və sərhəd təhlükəsizliyi, ekoloji tədqiqatlar və resursların idarə edilməsində əhəmiyyətli irəliləyişlər əldə edilmişdir. Lakin PUA-ların müşahidə, potensial tədqiqat və kəşfiyyat imkanlarından tam istismar edilmədə boşluqlar vardır. Perspektivdə daha əhatəli və dəqiq ekoloji məlumatların əldə edilməsində PUA-lara yüksək funksional və texniki imkanlara sahib FY sistemlərinin integrasiya edilməsi təklif edilir [13].

- PUA-nın idarəetmə sistemlərinin təkmilləşdirilməsi onların havadan müşahidə aparmaq imkanlarının artmasına səbəb olacaqdır;

- PUA platformalarına məlumat qəbuletmək üçün duyğac (sensor) sistemlərinin integrasiyası istiqamətində elmi-tədqiqat işlərinin davam etdirilməsinə böyük ehtiyac vardır;

- mina və partlamamış sursatların (partlayıcı məmulatlar, silah sursat) axtarışında və zərərsizləşdirilməsində PUA-lara (dronlara) integrasiya olunmuş İQ spektrial skaner və "lidar" duyğac sistemlərinin təkmilləşdirilməsi və inkişaf etdirilməsi;

- PUA-ların müşahidə aparmaq imkanlarının böyük potensiala malik olması gələcəkdə tədqiqat işləri və innovativ həllər zamanı bu sahəni inkişaf etdirilməsinə təkan verəcəkdir.

2. PUA ilə strateji obyektlərin müşahidəsi işinin optimallaşdırılması [14]. Müşahidə tapşırıqlarının həllində PUA-lardan istifadə əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Bu da PUA ilə müşahidə aparmağın yeni hədəf və problemlərini üzə çıxartmışdır. PUA-da müşahidə tapşırıqlarının icrası zamanı problemlər bir neçə əsas mənbədən yaranır. Buna çoxsaylı PUA-ların koordinasiyası və onlar arasında qarşılıqlı əlaqədə yaranan problemlər, həmçinin PUA vasitələri ilə yerüstü idarəetmə stansiyaları, faydalı yüklər və duyğacalar arasında uzlaşmada problemlərin olmasıdır. Maraqlı doğuran ərazilərin, strateji obyektlərin dəqiq yenilənmiş ortofoto, tif və rastır xəritələrinin olması müşahidənin aparılmasının keyfiyyətini yüksəldilməsinə və prosesin optimallaşdırılmasına səbəb olur.

PUA-nın müşahidə imkanlarının köməyi digər bölmələrin və istiqamətlərin öz tapşırıqlarını daha dəqiq və vaxtında yerinə yetirməsinə və nəticələnməsinə imkan yaradılır. Bu səbəbdən müşahidə məlumatlarının genişləndirilməsi bölmələr və hissələr arasında qarşılıqlı olaraq müştərək tapşırıqların həllini inkişaf etdirilə bilər.

3. Aşağıda qeyd olunan məsələləri sadalamaq olar:

- PUA idarəetmə və müşahidə şəbəkəsində daha çox idarə edilən element olduqda sistemin idarə edilməsinin mürəkkəbləşir. PUA müşahidəsinin optimallaşdırılmasına, dəyişkən reliyefli ərazi, dağlar, meşələr və şəhərlər kimi mürəkkəb mühitlərin monitorinqinə xüsusi diqqət yetirmək tələb edilir. Qeyri-bərabər relyef, sıx bitki örtüyü və mürəkkəb şəhər strukturu PUA-ların səmərəli fəaliyyəti və istismarı üçün xüsusi çətinliklər yaradır [15].

Bu məqsədlə müşahidə tapşırıqlarının səmərəlilik və dəqiqliyini artırmaq üçün PUA və ya PUA şəbəkələrinin optimallaşdırılmasında qabaqcıl alqoritm və strategiyalardan tətbiq edilməsi tələb edilir;

- dağlıq və mürəkkəb relyefli ərazilərdə müşahidə prosesinin çətinləşdirə bilər. Müşahidə tapşırıqlarının icrası zamanı ətrafdakı obyektlər PUA-ların naviqasiya, rabitə və sabit uçuşunu davam etdirməsinə təsir edir. PUA-dan maneələri effektiv aşkar etməklə onlardan yayınmanı, mürəkkəb mühitlərə dayanıqlı olmasını, keyfiyyətli müşahidəni

təmin etmək üçün təkmilləşdirilmiş və avtonom qərar qəbul etmə imkanları tələb edir;

- PUA-nın müşahidə tapşırıqlarının icrasına mürəkkəb mühit amillərinin təsiri. Tədqiqatçılar əvvəllər yalnız PUA-ların müşahidə tapşırıqlarını yerinə yetirməsi üçün ideal mühitə diqqət yetirirdi. Lakin realıqda PUA-lardan çox vaxt dağlıq ərazilərdə, şəhərlərdə, meşələrdə və s. mürəkkəb mühitlərdə müşahidə tapşırıqlarını icrası tələb olunur.

Mürəkkəb mühit nəinki müşahidə üçün böyük çətinliklər, həm də PUA-lar üçün avtonom şəkildə uçuşla maneələrdən yayınmaq və uçuş marşrutunu planlaşdırılmasında çətinliklər yaradır. PUA-lar üçün mürəkkəb mühiti qiymətləndirmək və keyfiyyətli müşahidəni təmin etmək üçün optimal uçuş marşrutu və konfigurasiyalarını layihələndirilməsinə zərurət vardır.

- süni intellekt elementlərinin PUA ilə müşahidənin aparılmasına integrasiyası. Maşın öyrənməsi, neyron şəbəkələri və generativ süni intellekt indi həm elmi, həm də mühəndis tədqiqatçıların diqqət mərkəzindədir. Süni intellekt elementləri optimal texniki həlli tapmağa və PUA ilə müşahidənin avtonom şəkildə aparılmasının spesifik strategiyalarını hazırlamağa imkan verir. Həmçinin, nəzarət-müşahidə tapşırıqlarının icrası, məqsədə çatmaq və vəziyyətin dəyərləndirilməsində PUA-lara, eləcə də son nəticədə tapşırığın müvəffəqiyyətlə yerinə yetirilməsində böyük köməklik göstərir.

Süni intellekt alqoritmləri PUA-larda optimal uçuş marşrutları və enmə yerlərini planlaşdırmaqda, böyük həcmli müşahidə məlumatlarını sürətlə emal etməkdə və uçuş zamanı dəyişən şəraitlərdə dəqiq qərarlar qəbul etməyə kömək edə bilər. Maşın məntiqi ilə PUA-larda uçuşa nəzarət daha sürətlə və daha dəqiq həyata keçirə bilər. Eyni zamanda, süni intellekt PUA vasitəsi ilə mürəkkəb tapşırıqları daha avtonom şəkildə yerinə yetirməyə və müxtəlif mühitlərə və vəziyyətlərə uyğunlaşmağa, PUA-nın uçuş təhlükəsizliyini yaxşılaşdırmağa və maneələrin aşkarlanması, həmçinin yayınma sistemlərini təkmilləşdirməklə qəza riskini azaltmağa kömək edə bilər.

Hazırda süni intellekt integrasiya olunmuş PUA-lardan rabitə, naviqasiya, hədəfin izlənməsi və şəhər mühitində uçuşun naviqasiyasının optimallaşdırılması kimi bir neçə sahədə uğurla tətbiq edilməkdədir.

- PUA-ların enerji təminatı məsələlərinin həlli. PUA-nın uçuş məsafəsi və müddəti onun müşahidə imkanlarını məhdudlaşdırır. Nano, mikro, mini PUA-larda (dronlarda) enerji mənbəyi qismində əsasən məhdud enerji tutumlu akkumulyator batareyalarından (AB) istifadə edilir. PUA-larda AB-lərin dəyişdirilməsi və boşalmış AB-ləri yüklənməyə qoyulması vaxt itkisi və xərclərin artmasına səbəb olur. Mümkün potensial tədqiqat istiqamətlərdən biri, müşahidə, kəşfiyyat və döyüş PUA-larının uçuş müddətlərini və uçuş radiusunu artırmaq üçün hibrid və yaxud təhlükəsizlik şərtləri qorunmaqla hidrogen enerji mənbələri ilə istismarını təmin etməkdir.

Nəticə

1. Kəşfiyyat məlumatlarının toplanılmasına az sayda pilotsuz uçuş aparat cəlb edildiyi zaman məlumatların əldə edilmə dəyəri yüksək olur.

2. Pilotsuz uçuş aparat ilə strateji obyektlərin müşahidəsi zamanı uçuş aparatının və faydalı yükün texniki xüsusiyyətləri, uçuş hündürlüyü eləcə də hədəfin hərəkət sürəti nəzərə alınmalıdır.

ƏDƏBİYYAT:

1. R.N. Nabiyev, G.I. Garayev and A.A. Abdullayev. Conceptual functional design of hybrid energy source of unmanned convertiplane. *Proceedings of the IOP Conference Series: Conference Scopus. Materials Science and Engineering*. 862, 022043, 2020, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/862/2/022043>
2. Barr, J.R.; Green, M.C.; et.al. Drone surveys do not increase colony-wide flight behaviour at waterbird nesting sites, but sensitivity varies among species. *Sci. Rep.* 2020, 10, 3781. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60543-z>
3. Nabiyev R.N., Abdullayev A.A., Garayev G.I. *Inter. Scien. Confe. Energy Management of Municipal Facilities and Environmental Technologies (EMMFT-2024) E3S Web of Conf.* Vol. 592, 06024 (2024), DOI: 10.1051/e3sconf/202459206024
4. Fang, Z.; Savkin, A.V. Strategies for Optimized UAV Surveillance in Various Tasks and Scenarios: A Review. *Drones* 2024, 8, 193. <https://doi.org/10.3390/drones8050193>
5. R.N. Nabiyev, A.A. Abdullayev and G.İ. Garayev. (2024) On-board control-measurement system for micro convertiplane-type unmanned aerial vehicles. *Eurasian Physical Technical Journal*. 21, 2(48), 61-69. <https://doi.org/10.31489/2024No2/61-69>
6. Chio, S.H.; Lin, C.H. Preliminary Study of UAS Equipped with Thermal Camera for Volcanic Geothermal Monitoring in Taiwan. *Sensors* 2017, 17, 1649. <https://doi.org/10.3390/s17071649>
7. Wakeford, Z.E.; Chmielewska, M.; et.al. Combining thermal imaging with photogrammetry of an active volcano using UAV: An example from Stromboli, Italy. *Photogramm. Rec.* 2019, 34, 445–466. <https://doi.org/10.1111/phor.12301>
8. Gailler, L.; Labazuy, P.; et.al. Validation of a New UAV Magnetic Prospecting Tool for Volcano Monitoring and Geohazard Assessment. *Remote Sens.* 2021, 13, 894. <https://doi.org/10.3390/rs13050894>
9. Li, X.; Huang, H.; Savkin, A.V. Autonomous Navigation of an Aerial Drone to Observe a Group of Wild Animals with Reduced Visual Disturbance. *IEEE Syst. J.* 2022, 16, 3339–3348. DOI: 10.1109/JSYST.2021.3135982
10. Pashayev, A., Nabiyev, R., Abdullayev, A. et. al. Research of a vertical takeoff and landing micro UAV in the plane mode with the onboard control - measurement system. *Tuijin Jishu/Journal of Propulsion Technology*. Vol. 46(1), 2025, pp. 870-878, ISSN 1001-4055
11. Chabot, D., Bird, D.M. Wildlife research and management methods in the 21st century: Where do unmanned aircraft fit in? *J. Unman. Veh. Syst.* 2015, 3, 137–155. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0021>
12. Chrétien, L.P.; Théau, J.; Ménard, P. Visible and thermal infrared remote sensing for the detection of white-tailed deer using an unmanned aerial system. *Wildl. Soc. Bull.* 2016, 40, 181–191. <https://doi.org/10.1002/wsb.629>
13. R.N. Nabiyev and A.A. Abdullayev. Optimizaciya nablyudatelnix vozmojnostey Bn/IA. *Estestbennie i texniceskie nauki*. M, №2 (201), 2025, pp. 258-268, <https://doi.org/10.25633/ETN.2025.02.19>
14. Wich, S., Dellatore, D. et.al. A preliminary assessment of using conservation drones for Sumatran orang-utan (*Pongo abelii*) distribution and density. *J. Unma. Veh. Syst.* 2015,

4, 45–52. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0015>

15. Abdullayev, A. Flight study of VTOL micro UAV in different flight modes with on-board control-measurement system. *International Conference on Artificial intelligence: from theory (AICON-2024)*, 17-18 september 2024, Nakhchvan, Azerbaijan. pp. 271-277. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14031849>

RESEARCHING THE SURVEILLANCE CAPABILITIES OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Rasim Nabiyeu

Anar Abdullayev

The article has reviewed the efficiency of unmanned aerial vehicles in emergency situations, border security, water resource assessment and mapping, as well as in archaeological and geological research. The discussion of typical problems encountered during surveillance using unmanned aerial vehicles and the categories classified according to the area of interest have been studied, analyzed, and summarized. Additionally, the limitations of existing approaches and potential solutions, the gaps in the proposed research directions, and the discussion of future application areas have been presented. It has been emphasized that there is a significant need for researchers to investigate issues such as increasing the autonomy, reliability, and efficiency of unmanned aerial vehicle systems, as well as the artificial intelligence, big data analytical analysis, and integration of with other technologies. The methods and means for using unmanned aerial vehicles in carrying out surveillance tasks have been thoroughly studied and analyzed.

It has been highlighted that unmanned aerial vehicles have been successfully used to ensure the operational efficiency of personnel in law enforcement agencies, security forces, agriculture, mining industry, mapping, and environmental monitoring activities, as well as to provide crucial reconnaissance and visual tracking data, and most importantly, to significantly reduce security risks.

Keywords: *Unmanned aerial vehicles, surveillance, optimization, electro-optical camera,*

SÜNİ İNTELLEKT VƏ HÜQUQ: İMKANLAR VƏ RİSKLƏR

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537954>

Əliyev Mehdi Ədalət oğlu

Naxçıvan Muxtar Respublikası Ali Məhkəməsinin hakimi

mehdi.aliyev88@gmail.com

Açar sözlər:

Azərbaycan dili: Süni intellekt hüququ, şəxsi məlumatların qorunması, beynəlxalq təcrübə

İngilis dili: Artificial Intelligence law, privacy, fairness, international experience

Rus dili: Искусственный интеллект, Защита персональных данных, Международный опыт

Abstract (English):

Rapid advancements in artificial intelligence significantly influence various fields, notably law and judicial systems. AI technologies provide opportunities such as automated legal document analysis, comprehensive summarization of factual cases, and identification of applicable legal norms, thereby enhancing efficiency and accuracy within legal processes. However, these developments also entail significant risks, including threats to personal data privacy, potential biases impacting fairness and equality, and ambiguities surrounding legal responsibility for AI-generated decisions. International efforts, notably the European Union's Artificial Intelligence Act, aim to address these issues through regulations promoting transparency, accountability, and adherence to human rights standards. By 2025, the use of AI in judicial processes, particularly in the USA, China, UK, Canada, and several European countries, has become widespread. Nonetheless, concerns regarding ethical compliance and transparency persist. Effective management of AI's risks and comprehensive international legal frameworks remain essential for maximizing the benefits of AI in law while safeguarding fundamental rights.

Аннотация (Русский):

Быстрое развитие технологий искусственного интеллекта существенно влияет на различные области, в частности, на право и судебные системы. Технологии ИИ предоставляют такие возможности, как автоматический анализ юридических документов, подробное изложение фактических обстоятельств судебных дел и определение применимых правовых норм, что значительно повышает эффективность и точность правовых процедур. Однако эти технологии сопровождаются рядом рисков, включая угрозу конфиденциальности персональных данных, возможность возникновения предвзятости, что влияет на справедливость и равенство, а также неопределенность в вопросах юридической ответственности за решения, принятые на основе ИИ. Международные инициативы, такие как Акт Европейского союза об искусственном интеллекте, направлены на решение этих проблем путем регулирования, обеспечивающего прозрачность, подотчетность и уважение прав человека. К 2025 году использование ИИ в судебных процессах, особенно в США, Великобритании, Канаде и некоторых европейских странах, стало широко распространённым. Однако вопросы этического соответствия и прозрачности по-прежнему вызывают беспокойство. Эффективное управление рисками ИИ и развитие международных

правовых механизмов необходимы для максимизации преимуществ ИИ в праве при одновременной защите фундаментальных прав человека.

Müasir dövrümüzdə süni intellekt texnologiyalarının yaranması və inkişafı bütün digər sahələrdə olduğu kimi hüquqi təhlil və hüquq tətbiqetmə təcrübəsinə də yeni dinamika gətirmişdir. Süni intellektin tətbiqi imkanları böyük həcmli məlumat analizindən başlayaraq, mürəkkəb qanunvericilik aktlarının avtomatik interpretasiyasına qədər geniş spektri əhatə edir. Məsələn, e-discovery prosesi¹ illik milyonlarla sənəd dövriyyəsinə emal edir, ənənəvi metodlar saatlar tələb edərkən, süni intellekt təxminən 95% vaxt qənaəti ilə bu işi 30 dəqiqəyə qədər sürətləndirə bilir (Mittelstadt, 2019, s. 14). Belə sürət və miqyas hüquq firmalarına və məhkəmələrə qısa zaman içərisində daha çox işi səmərəli idarə etməyə imkan verir. Lakin eyni zamanda qara qutu alqoritmlərindən irəli gələn şəffaflıq, ədalət prinsiplərinə uyğunluq və şəxsi məlumatların məxfiliyi kimi fundamental hüquqi məsələlər yenidən aktuallaşır.

Məqalədə süni intellektin dörd əsas istiqamətdə təhlili aparılacaqdır:

1. Süni intellektin (bundan sonra qısaltmalarda “Sİ”) hüquq sahəsindəki imkanları
2. Potensial risklər və problemlər
3. Beynəlxalq hüquqi tənzimləmə və 2025-ci ildə cari tətbiq vəziyyəti
4. Azərbaycan Respublikasının 2025–2028-ci illər üçün süni intellekt Strategiyası

Süni intellektin hüquq sahəsindəki imkanları hazırda beynəlxalq hüquq konfranslarında müzakirə və bir sıra ölkələrdə artıq tətbiqinə başlanılan yeni dövrün çağırışlarından biridir. Süni intellektin hüquq sahəsində tətbiqi aşağıdakı imkanları özündə ehtiva edir:

1. *Hüquqi sənədlərin təhlili*: Müqavilələrin, məhkəmə qərarlarının və qanunvericilik aktlarının avtomatik skan edilməsi kontekstual NLP (təbii dil emalı) vasitəsilə sürətləndirilir. Belə sistemlər sənəddəki əsas maddələri qruplaşdırır, risk göstəricilərini (məs: “əvvəlcədən müəyyən olunmuş zərər haqları”)² erkən müəyyən edir və hüquqsünaslar tərəfindən məntiqi strukturun formalaşdırılması üçün ayrılan vaxtı kəskin şəkildə azaldır (məs: ROSS Intelligence³, Legisum⁴)

2. *Faktiki halların analizi*: Məhkəmə iclaslarının audio və video yazılarından mətnin çıxarılması, təbii dil emalına əsaslanan xülasə hazırlama, statistika yönümlü klasterləşdirmə, virtual presedent xəritələri məhkəmə aparatına daha obyektiv məlumat bazası təqdim edir. Hazırda dünyada məhkəmə sistemlərində (ABŞ, Çin, Estoniya və.s) tətbiq edilən pilot süni intellekt layihələrinin araşdırma vaxtını əhəmiyyətli dərəcədə azaltdığı iddia edilir.

3. *Tətbiq olunacaq hüququn tapılması*: Hüquqi süni intellekt mühərriki faktları normativ terminologiya ilə bağlayır, tətbiq olunacaq normativ aktları avtomatik olaraq müəyyən edir və insan əməyi ilə müqayisədə bir neçə dəfə daha sürətli nəticə göstərir.

4. *Proqnozlaşdırma və qərar dəstəyi*: Əvvəlki məhkəmə qərarları əsasında öyrədilmiş süni intellekt modelləri işin nəticəsini təqribən 80% dəqiqliklə proqnozlaşdırır (Kroll et al., 2017, s. 203).

¹ e-discovery - məhkəmə proseslərində tərəflərdən elektron formada məlumatların toplanması, emalı, təhlili və təqdim edilmə mərhələlərini ifadə edir.

² “Əvvəlcədən müəyyən olunmuş zərər haqları” (Liquidated damages) - müqavilə bağlanarkən tərəflərin razılığa gəldiyi, müqavilə şərtlərindən birinin pozulması halında zərərçəkən tərəfə ödəniləcək kompensasiya məbləğidir.

³ ROSS Intelligence 2015-ci ildə yaradılmış ilk kommersiya AI-hüquqi tədqiqat platformalarından biridir.

⁴ Legisum qanunvericiliyi tez və effektiv şəkildə ümumiləşdirməyə kömək edən süni intellektlə işləyən proqramdır.

Hüquq firmaları bu modellərin nəticələrini “nəticəyə görə qiymətləndirmə” ⁵ strategiyasına inteqrasiya etməklə riskləri daha əvvəlcədən qiymətləndirə bilirlər.

5. *Hüquqa əlçatanlığın təmin edilməsi*: Çoxdilli hüquqi məsləhət modelləri və virtual köməkçilər istifadəçilərə ilkin hüquqi məsləhət verərək ədalət mühakiməsinə çıxışı asanlaşdırırlar. Dünyada 2024-cü ildə təxminən 987 milyon insan süni intellekt modellərindən istifadə etmişdir. (Exploding Topics, 2024).

Bununla yanaşı hüquqi təhlil və tətbiqetmə təcrübəsində süni intellekt modellərindən istifadə olunması müəyyən **risklər** və müzakirə olunmalı **çağırışlara** da yol açır. Bu riskləri aşağıdakı kimi qruplaşdırırlar:

1. *Şəxsi məlumatların məxfiliyi*: Kütləvi məlumat toplama metodları “üzvlük nəticəsi” hücumlarına⁶ və şəxsi məlumatların sui-istifadəsinə yol açır.

2. *Alqoritmik ayrı-seçkiliyin yaranması*: COMPAS alqoritm⁷ üzərində aparılan ProPublica təhlili “yanlış-müsbət” riskini afroamerikalılarda 45%, ağdərilili məhkumlarda isə 23% müəyyən etmişdir (Angwin et al., 2016, s. 6). Belə ki, 2016-cı ildə ProPublica jurnalistləri Julia Angwin, Jeff Larson və digərləri tərəfindən dərc olunmuş araşdırmada 10000-dən çox məhkumun COMPAS risk qiymətləndirməsi ilə onların sonrakı iki il ərzində islah olunma hallarının real nəticələri müqayisə edilmişdir. Belə nəticəyə gəlinmişdir ki, COMPAS alqoritm qara dərilili məhkumlar üçün yanlış-müsbət (false-positive) dəyərləndirmə nisbətini daha yüksək qiymətləndirir, yəni onları həqiqətən residiv etmədikləri halda “yüksək riskli” qrupuna daha tez salır. Ağ dərilili məhkumlar üçün isə əksinə, yanlış-mənfi (false-negative) halları çoxalır, yəni yüksək riskli olduqlarını nəzərə almadan “aşağı riskli” kimi dəyərləndirir. Bu nümunə tarixi məlumatlardakı ayrı-seçkiliyin necə sistemli ayrı-seçkiliyə səbəb ola biləcəyini göstərmişdir.

3. *Hüquqi məsuliyyət*: “Qara qutu” alqoritmləri məntiqini açıqlamadığı üçün qərarların yanlışlığından kimin məsul olması dəqiq müəyyənəlməlidir. Avropa Süni İntellekt Aktı (2024) bu məsələni qismən həll edir. Həmçinin Çin və bəzi Avropa ölkələri ənənəvi süni intellekt modellərindən düşüncə prosesini (yəni gəlinən nəticənin analizi prosesini) istifadəçiyə təqdim edən “reasoning modelləri”ni təşviq edir.

4. *Şəffaflıq və hesabatlılıq*: ABŞ-ın Milli Standartlar və Texnologiya İnstitutu (NIST) tərəfindən hazırlanan “Riskin idarə edilməsi çərçivəsi-2023” (Risk-Management Framework - 2023)⁸ izah edilə bilənlik və performans testləri təklif edir. Buna səbəb ABŞ hüquq firmaları üçün audit protokollarının hələ tam standartlaşdırılmamasıdır.

5. *Kibertəhlükəsizlik riskləri*: Pis niyyətli inyeksiya (adversarial prompt-injection) hücumları hüquqi süni intellekt məsləhətçilərini yanlış məsləhət verməyə vadar edə bilər. Belə ki, pis niyyətli inyeksiya hücumları böyük dil modelləri (LLM) və digər Sİ sistemlərinin istifadəçi sorğularını emal edərkən təqdim etdiyi “etibarlı” təlimatlarla adi məzmunu ayırd edə bilməməsindən yararlanan

⁵ “Nəticəyə görə qiymətləndirmə” (outcome-based pricing) - xidmət üçün ödənişin sərf edilən vaxt və ya xərclərə görə deyil, əldə edilmiş konkret əməliyyat nəticələrinə əsasən müəyyən edildiyi qiymət modelidir.

⁶ “Üzvlük nəticəsi” (membership inference) - hücum edən şəxsin bir maşın öyrənməsi modelinə sorğu göndərərək konkret bir məlumat nümunəsinin həmin modelin təlim verilənləri arasında olub-olmadığını təxmin etməyə çalışması üsuludur.

⁷ COMPAS - ABŞ-da 1998-ci ildə hazırlanmış mühakimə öncəsi və məhkəmə sonrası risk dəyərləndirmə alqoritmidir. Məhkumların şəxsi və cinayət tarixçəsinə dair 100-dən çox sualdan ibarət anket sorğusunu əsas götürərək üç əsas risk göstəricisini hesablayır.

⁸ ABŞ-ın Milli Standartlar və Texnologiya İnstitutu (NIST) tərəfindən 26 yanvar 2023-cü ildə çıxarılan könüllü çərçivədir. Məqsədi süni intellekt sistemlərinin dizaynı, inkişafı, tətbiqi və qiymətləndirilməsi zamanı etibarlılıq və riski idarə etmə aspektlərini praktik olaraq inkişaf etdirməyə kömək etməkdir.

kibertəhlükəsizlik texnikasıdır. Bu da həmin sistemlərdə qabaqlayıcı təhlükəsizlik tədbirləri və davamlı monitoring sistemini zəruri edir.

Süni intellekt 21-ci əsrin ən mühüm və inqilabi kəşflərindən biri hesab olunur və müasir dünyada inkişaf etmiş ölkələr arasında ötən əsrin silahlanma yarışından sonra 21-ci əsrin ən ciddi rəqəbat sahələrindən birinə çevrilmişdir. Buna görə də bu sahənin hüquqi tənzimlənməsi, beynəlxalq hüquqi aktların qəbul edilməsi və regionlar və ölkələr arasında hüquqi əməkdaşlığın gücləndirilməsi aktualıq qazanır. Süni intellektin beynəlxalq hüquqi tənzimlənməsi istiqamətində təşəbbüslər irəli sürülməkdədir.

Hazırda Avropada bu sahədə ilk addımlar atılmaqdadır. Avropa ittifaqı tərəfindən **“Süni intellekt” Aktı** qəbul olunmuş, 1 avqust 2024-cü il tarixdən qüvvəyə minmişdir. Aktın ayrı-ayrı müddələrinin 6-36 ay ərzində qüvvəyə minməsi nəzərdə tutulmuşdur.⁹ Yeni qaydalar risk səviyyəsindən asılı olaraq provayderlər və istifadəçilər üçün öhdəliklər müəyyən etmişdir.

Avropa İttifaqında qadağan edilmiş süni intellekt tətbiqlərinə aşağıdakılar daxil edilmişdir:

- İnsanların və ya xüsusi həssas qrupların koqnitiv davranış manipulyasiyası: məsələn, uşaqlarda təhlükəli davranışı təşviq edən səsli aktivləşdirilən oyuncaqlar
- Sosial qiymətləndirmə AI: davranış, sosial-iqtisadi status və ya şəxsi xüsusiyyətlərə görə insanları təsnif etmək
- İnsanların biometrik identifikasiyası və təsnifatı
- Real vaxt rejimində və uzaqdan biometrik identifikasiya sistemləri, məsələn, ictimai yerlərdə sifətin tanınması

Hüquq-mühafizə məqsədləri üçün bəzi istisnalara yol verilir. Məhdud sayda ciddi işlərdə “real rejimdə” uzaqdan biometrik identifikasiya sistemlərinə, identifikasiya əhəmiyyətli gecikmədən sonra baş verən “post” distant biometrik identifikasiya sistemlərinə isə ağır cinayətlərin təqibinə və yalnız məhkəmə qərarı alındıqdan sonra icazə verilə bilər.

*Akta əsasən təhlükəsizliyə və ya əsas hüquqlara mənfi təsir göstərən Sİ sistemləri **yüksək risk** hesab olunur və iki kateqoriyaya bölünür:*

1) Avropa Birliyinin məhsul təhlükəsizliyi qanunvericiliyinə daxil olan məhsullarda istifadə olunan Sİ sistemləri. Buraya oyuncaqlar, aviasiya, avtomobillər, tibbi cihazlar və liftlər daxildir.

2) Avropa İttifaqı məlumat bazasında qeydiyyatdan keçməli olan xüsusi sahələrə aid Sİ sistemləri:

- Kritik infrastrukturun idarə edilməsi və istismarı
- Təhsil və peşə hazırlığı
- Məşğulluq, işçilərin idarə edilməsi və özünüməşğulluğa çıxış
- Əsas özəl xidmətlərə və ictimai xidmətlərə və üstünlüklərə çıxış və istifadə etmək
- Hüquq-mühafizə
- Miqrasiya, sığınacaq və sərhəd nəzarətinin idarə edilməsi
- **Qanunun hüquqi şərh və tətbiqində köməklik.**

Bütün yüksək riskli süni intellekt sistemləri bazara çıxarılmazdan əvvəl və həmçinin onların bütün istifadə müddəti ərzində qiymətləndiriləcəkdir. İnsanlar Sİ sistemləri ilə bağlı təyin edilmiş milli orqanlara şikayət etmək hüququna malik olacaqlar.

⁹ <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20230601STO93804/eu-ai-act-first-regulation-on-artificial-intelligence>

Akta əsasən **Generativ süni intellekt** (məs: ChatGPT modelləri) yüksək riskli kimi təsnif edilmir, lakin **şəffaflıq tələblərinə** və Avropa İttifaqının müəlliflik hüququ qanunlarına əməl etməli olacaq:

- Məzmunun Sİ tərəfindən yaradıldığını açıqlamaq
- Modelin qeyri-qanuni məzmun yaratmasının qarşısını almaq üçün dizayn edilməsi
- Təlim üçün istifadə edilən müəllif hüquqları ilə qorunan məlumatların icmalının dərci

Akta görə daha təkmil kimi sistem riski yarada bilən yüksək təsirli ümumi təyinatlı Sİ modelləri (GPT-4o, 0-3, 0-4 mini və.s) hərtərəfli qiymətləndirmələrdən keçməli və hər hansı ciddi insident barədə Avropa Komissiyasına məlumat verilməlidir.

Bundan başqa İqtisadi Əməkdaşlıq və İnkişaf Təşkilatı (OECD) 2019-cu ildə dünyada ilk dəfə “insan-mərkəzli”, “etik və etibarlı” süni intellekt üçün beş dəyər-əsaslı və beş praktiki tövsiyə prinsip (**OECD Prinsipləri**) qəbul etmişdir. Bu prinsiplər o cümlədən inklüziv böyümə, insan hüquqlarına hörmət, şəffaflıq, təhlükəsizlik və hesabatlılıq kimi tələbləri ehtiva edir. Nümunə olaraq “İnklüziv böyümə, dayanıqlı inkişaf və rifah” prinsipinə nəzər salaıq. Prinsip süni intellektin cəmiyyət üçün faydalı olması, az təmsil olunan qrupların inklüzivliyini artırması və ekoloji dayanıqlığı qorumasını tələb edir. Bu prinsiplər dünya miqyasında 70-dən çox ölkə və qurum tərəfindən öz milli siyasətlərinə inteqrasiya olunub, bu da qlobal səviyyədə süni intellektin etibarlı, şəffaf və insan hüquqlarına hörmətlə inkişafına təkan verir.¹⁰

UNESCO tərəfindən 23 noyabr 2021-ci il tarixində süni intellekt etikasısı üzrə ilk qlobal standart olan “**Süni İntellektin Etikasısı üzrə Təvsiyə**” hazırlanmışdır. Təvsiyə UNESCO-nun bütün 194 üzv dövləti üçün tətbiq edilir. Bu Təvsiyənin əsas məqsədi insan hüquqlarının və ləyaqətinin qorunmasıdır. Bu, şəffaflıq və ədalət kimi fundamental prinsiplərin inkişafına söykənir və Sİ sistemləri üzərində insan nəzarətinin vacibliyini daim ön planda saxlayır. Təvsiyyədə 4 əsas dəyər vurğulanır:

1. İnsan hüquqları və ləyaqət : Sİ sistemi insan hüquqlarına hörmət etməli, insan ləyaqətini qorumaq üçün şəffaflıq və hesabatlılıq təmin edilməlidir.
2. Sülh, ədalət və qarşılıqlı əlaqə: Sİ tətbiqləri sülhü, ədalətli cəmiyyətləri gücləndirməli, sosial bağlılığı möhkəmləndirməlidir.
3. Müxtəliflik və inklüzivlik: Hər kəsə bərabər çıxış imkanı, mədəni, etnik, sosial fərqliliklərin qorunması və tərəqqi üçün şərait yaradılmalıdır.
4. Ətraf mühit və ekosistemlər: Sİ sistemlərinin inkişafında ekoloji dayanıqlıq və karbon izinin minimallaşdırılması prinsipləri nəzərə alınmalıdır.

Həmçinin UNESCO-nun “FAT-E” (Fair, Accountable, Transparent, Explainable) modeli hüquq sistemlərində inklüzivlik və açıqlanabilirlik prinsiplərini prioritetə çevirir (UNESCO, 2021, s. 11).

Süni intellektlərin sertifikatlaşması sahəsində də addımlar atılmaqdadır. **ISO/IEC 42001** 2023-cü ildə nəşr olunmuş ilk beynəlxalq standartdır ki, süni intellekt (Sİ) sistemlərinin idarə edilməsi üçün sertifikatlaşdırıla biləcək ümumi tələbləri müəyyən edir. Məqsəd təşkilatlara Sİ-lə bağlı riskləri sistemli şəkildə idarə etmək, Sİ layihələrinin etibarlı, şəffaf və davamlı olmasını təmin etmək üçün vahid çərçivə təqdim etməkdir. Hər ölçüdə və hər sektorda fəaliyyət göstərən təşkilatlar üçün nəzərdə tutulub. Sİ layihələrinə daxil olan siyasət və proseslərdən başlayaraq texniki və etik nəzarət mexanizmlərinə qədər bütün həyat dövrü mərhələlərini əhatə edir.

¹⁰ https://www.oecd.org/en/publications/the-state-of-implementation-of-the-oecd-ai-principles-four-years-on_835641c9-en.html

Məhkəmə-hüquq sistemində 2025-ci ildə süni intellektin tətbiqinə də qısa nəzər salmaq maraqlı olardı. **ABŞ** federal məhkəmələrdə “e-discovery” sisteminin avtomatlaşdırılmış tətbiqinə başlamışdır. 15 ştat proqnoz sistemlərini test etdiyi barədə mediada məlumatlar paylaşılmışdır. **Böyük Britaniyada** HMCTS fakt-icmal modulu ilkin mülki iddiaların 30 %-ni onlayn həll edir. **Çində** 100-dən çox “Ağıllı məhkəmə” vahidində video-hakim interfeysi tətbiq edilir.

Ölkəmizdə isə Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2025-ci il 16 yanvar tarixli Fərmanı ilə təsdiq edilmiş “**Azərbaycan Respublikasında Rəqəmsal İnkişaf Konsepsiyası**”¹¹ və Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2025-ci il 19 mart tarixli Sərəncamı ilə təsdiq edilmiş “**Azərbaycan Respublikasının 2025–2028-ci illər üçün süni intellekt Strategiyası**”¹² və hazırlanmaqda olan qanun layihələri yerli tənzimləməni gücləndirəcək, mili süni intellekt sistemlərinin qanunvericiliyə uyğun qurulması və milli və beynəlxalq tənzimləməyə uyğun fəaliyyəti üçün hüquqi çərçivə yaradacaqdır.

Azərbaycanda Məhkəmə Hüquq Şurası tərəfindən 2024-cü ildə elektron məhkəmə sisteminin təkmilləşdirilməsi üzrə geniş tərkibli İşçi Qrup yaradılmışdır. Məqsəd elektron məhkəmə sisteminin yeni versiyasını istifadəyə vermək, bununla prosessual müddətlərə daha keyfiyyətlə nəzarət edilməsini və müddətlərin bitməsi ilə bağlı xəbərdaredici funksiyaların tətbiqini, icra prosesinin izlənilməsini, proseslərin gedişi, çıxarılan qərarlar, onların icra vəziyyəti, onlardan verilən şikayət və ya protestlər barədə məlumat almaq imkanlarını, habelə vahid məhkəmə təcrübəsinin inkişaf etdirilməsinə yönəlmiş çoxfunksiyalı axtarış sistemli qərarlar bazasının formalaşdırılmasını və ən əsası bütün bu funksiyalarda “**süni intellekt**” alətlərinin tətbiqini nəzərdə tutur.

Azərbaycanda süni intellektin tətbiqi ilə bağlı çağırışlar da mövcuddur. Bu sahədə Milli Süni İntellekt modellərinin yaradılması, habelə Süni İntellektin Milli Audit Mərkəzinin formalaşdırılması prosesə mühüm töhfə vermiş olardı. Bu baxımdan 19 mart 2025-ci ildə təsdiqlənən “Azərbaycan Milli Süni İntellekt Strategiyası” altı prioritet istiqamətdə ölkənin Süni İntellekt ekosistemini formalaşdırmaq, infrastruktur və kadr hazırlığını gücləndirmək, etik-hüquqi tənzimləməni tamamlayaraq dövlət-özəl əməkdaşlığı inkişaf etdirmək məqsədini daşıyır.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Angwin, J. et al. *Machine Bias*, ProPublica, 2016
2. European Commission. *Reg. (EU) 2024/1689 (AI Act)* – OJ, 2024
3. Kroll, J.A. et al. *Accountable Algorithms*, UPenn L. Rev 165 (2017)
4. Mittelstadt, B.D. *Principles Alone Cannot Guarantee Ethical AI*, Nat. Mach. Intell. 1 (2019)
5. NIST. *AI Risk-Management Framework*, rev 1, 2023
6. UNESCO. *Recommendation on the Ethics of AI*, 2024
7. Azərbaycan Respublikasında Rəqəmsal İnkişaf Konsepsiyası, 2025
8. Azərbaycan Respublikasının 2025–2028-ci illər üçün süni intellekt Strategiyası, 2025
9. <https://www.oecd.org>

¹¹ <https://president.az/az/articles/view/67938>

¹² <https://president.az/az/articles/view/68365>

10. <https://www.europarl.europa.eu>

SÜNİ İNTELLEKTİN ELEKTRON İMZADA ROLU

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537962>

Tofiqə Nadirova Telman qızı
Naxçıvan Dövlət Universiteti
nsdirova.tofiqe@mail.ru
tofiquenadirova@ndu.edu.az
tofiquenadirova114@gmail.com

Xülasə

Rəqəmsal transformasiya dövründə informasiya təhlükəsizliyi, hüquqi etibarlılıq və istifadə rahatlığı kimi meyarlar əsasında qurulan elektron identifikasiya sistemləri getdikcə daha mühüm rol oynamaqdadır. Bu kontekstdə elektron imza texnologiyası rəqəmsal mühitdə hüquqi bağlayıcılığı olan əməliyyatların və sənəd dövriyyəsinin təminatçısı kimi çıxış edir. Lakin ənənəvi elektron imza sistemlərinin imkanları və müdafiə mexanizmləri artan təhlükələr, o cümlədən kiberhücumlar, sosial mühəndislik üsulları və texnoloji saxtakarlıq fonunda getdikcə zəif qalır. Məhz bu səbəbdən süni intellektin (Sİ) elektron imza texnologiyasına integrasiyası müasir rəqəmsal ekosistemin əsas ehtiyaclarından biri kimi formalaşır.

Bundan əlavə, süni intellekt elektron imza platformalarında anomaliya aşkarlama texnologiyalarını tətbiq edərək, qeyri-adi və şübhəli imzalama cəhdlərini avtomatik müəyyənləşdirə bilir. Bu funksionalıq təhlükəsizlik səviyyəsini artırır və real vaxtda risklərin qarşısını almağa imkan verir. Süni intellekt həmçinin sənədlərin intellektual emalında məsələn, avtomatik hüquqi analiz, sənədin kateqoriyalasdırılması, risk faktorlarının identifikasiyası və hüquqi uyğunluğun qiymətləndirilməsi sahələrində də effektiv şəkildə istifadə olunur.

Ümumilikdə, süni intellektin elektron imza sistemlərinə tətbiqi həm texnoloji, həm hüquqi, həm də sosial cəhətdən əhəmiyyətli dəyişikliklərə yol açır. Bu texnologiyanın tətbiqi nəticəsində elektron imza sistemləri daha çevik, ağıllı, fərdiləşdirilmiş və təhlükəsiz olur. Həmçinin vətəndaşların və təşkilatların rəqəmsal əməliyyatlara olan inamı artır, dövlət xidmətlərinin şəffaflığı və funksionallığı genişlənir. Gələcəkdə süni intellektin daha da inkişafı ilə bu sahənin tamamilə avtomatlaşdırılmış və yüksək təhlükəsizliyə malik sistemlərə keçidi qaçılmaz görünür. Bu səbəbdən, süni intellektlə gücləndirilmiş elektron imza texnologiyaları rəqəmsal dövrün əsas sütunlarından biri kimi formalaşmaqda davam edir.

Açar sözlər

Süni intellekt, elektron imza, rəqəmsal identifikasiya, maşın öyrənməsi, kibertəhlükəsizlik, biometrik autentifikasiya, hüquqi texnologiyalar, saxtakarlığın aşkarlanması, təbii dil emalı, şəffaf alqoritmlər.

Summary

In the era of digital transformation, electronic identification systems, built on criteria such as information security, legal reliability and ease of use, are playing an increasingly important role. In this context,

electronic signature technology acts as a guarantor of legally binding transactions and document circulation in the digital environment. However, the capabilities and defense mechanisms of traditional electronic signature systems are becoming increasingly weak against the background of growing threats, including cyberattacks, social engineering methods and technological fraud. It is for this reason that the integration of artificial intelligence (AI) into electronic signature technology is emerging as one of the main needs of the modern digital ecosystem.

In addition, artificial intelligence can automatically identify unusual and suspicious signing attempts by applying anomaly detection technologies in electronic signature platforms. This functionality increases the level of security and allows for real-time risk prevention. Artificial intelligence is also effectively used in the intellectual processing of documents for example, in the areas of automatic legal analysis, document categorization, identification of risk factors and assessment of legal compliance.

In general, the application of artificial intelligence to electronic signature systems leads to significant changes in both technological, legal and social terms. As a result of the application of this technology, electronic signature systems become more flexible, intelligent, personalized and secure. In addition, the trust of citizens and organizations in digital transactions increases, and the transparency and functionality of public services expands. In the future, with the further development of artificial intelligence, the transition of this field to fully automated and highly secure systems seems inevitable. For this reason, electronic signature technologies enhanced with artificial intelligence continue to form as one of the main pillars of the digital era.

Keywords

Artificial intelligence, electronic signature, digital identification, machine learning, cybersecurity, biometric authentication, legal technologies, fraud detection, natural language processing, transparent algorithms.

Резюме

В эпоху цифровой трансформации все большую роль играют системы электронной идентификации, построенные на таких критериях, как информационная безопасность, юридическая надежность и простота использования. В этом контексте технология электронной подписи выступает гарантом юридически обязывающих транзакций и документооборота в цифровой среде. Однако возможности и защитные механизмы традиционных систем электронной подписи становятся все более слабыми на фоне растущих угроз, включая кибератаки, методы социальной инженерии и технологическое мошенничество. Именно по этой причине интеграция искусственного интеллекта (ИИ) в технологию электронной подписи становится одной из основных потребностей современной цифровой экосистемы.

Кроме того, искусственный интеллект может автоматически определять необычные и подозрительные попытки подписания, применяя технологии обнаружения аномалий в платформах электронной подписи. Эта функциональность повышает уровень безопасности и позволяет в режиме реального времени предотвращать риски. Искусственный интеллект также эффективно используется в интеллектуальной обработке документов например, в областях

автоматического юридического анализа, категоризации документов, выявления факторов риска и оценки соответствия законодательству.

В целом применение искусственного интеллекта к системам электронной подписи приводит к существенным изменениям как в технологическом, так и в правовом и социальном плане. В результате применения этой технологии системы электронной подписи становятся более гибкими, интеллектуальными, персонализированными и безопасными. Кроме того, повышается доверие граждан и организаций к цифровым транзакциям, расширяется прозрачность и функциональность государственных услуг. В будущем, с дальнейшим развитием искусственного интеллекта, переход этой сферы к полностью автоматизированным и высокозащищенным системам представляется неизбежным. По этой причине технологии электронной подписи, усовершенствованные с помощью искусственного интеллекта, продолжают формироваться как один из основных столпов цифровой эпохи.

Ключевые слова

Искусственный интеллект, электронная подпись, цифровая идентификация, машинное обучение, кибербезопасность, биометрическая аутентификация, юридические технологии, обнаружение мошенничества, обработка естественного языка, прозрачные алгоритмы.

Giriş

Elektron imza sistemlərinin rəqəmsal texnologiyaların hüquqi sahədə istifadəsinin ən vacib komponentlərindən biridir. Elektron imzanın əsas məqsədi sənədlərin hüquqi etibarlılığını təmin etməklə, onların orijinallığını və sənədlərin təhlükəsizliyini təmin etməkdir. Elektron imza sistemlərinin funksionallığında tətbiq edilən Maşın Öyrənməsi və Saxtakarlığın Aşkarlanması

Maşın öyrənməsi (ML) süni intellektin əsas sahələrindən biri olaraq, elektron imza sistemlərində fərqləndirici halların avtomatik şəkildə aşkarlanması və proqnozlaşdırılması üçün güclü vasitədir. Ənənəvi təhlükəsizlik sistemləri imza nümunələrinin vizual və ya statik analizinə əsaslanırdısa, maşın rəqəmsal sənədlərin doğruluğunu və hüquqi qüvvəsini təmin edən texnologiyadır. O, adətən açar kriptografiyası (xüsusilə açıq-açar kriptografiyası), zaman möhürləri və rəqəmsal sertifikatlar vasitəsilə həyata keçirilir. Avropa İttifaqının eIDAS (Electronic Identification and Trust Services) qaydaları və bir sıra milli qanunvericiliklər elektron imza sistemlərinin istifadəsini təşviq edir. Bu hüquqin bəzəyində

qavilə sistemlərində və dövlət qurumlarının sənəd dövriyyəsində uğurla istifadə olunur. Əlavə olaraq, bu alqoritmlər təkcə imzanın düzgünlüyünü deyil, eyni zamanda sənədin dəyişdirilib-dəyişdirilmədiyini də

i
o
m
e

tar
r
1
m
ffg

q **a.** identifikasiya – fərdi fizioloji və ya davranış xüsusiyyətlərinə əsaslanaraq istifadəçi tanınması. – elektron
Təbii dil emalı (NLP) elektron imza sistemlərində sənədlərin semantik və hüquqi analizini təmin
yəsətləri imzanın yalnız mətn və ya rəqəmsal təsvirini yox, eyni zamanda imza zamanı yaranan şəxsi
edən süni intellekt texnologiyasıdır. Bu texnologiyanın əsas məqsədi sənədlərdəki mətnlərin məzmununu
znlamalı, hüquqi riskləri təhlil etməli və sənədin imzalanmağa hazır olub-olmadığını müəyyən etməlidir.

$$\mathbf{Z}$$

m

e

t
od
1a
r
i
$$\frac{s}{F_1 a}$$

a

1

n
te
1
uy
n
qe
y

,

Süni İntellektin Elektron İmza Sistemlərində Üstünlükləri

Təhlükəsizlik Səviyyəsinin Artırılması

Süni intellekt texnologiyaları elektron imza sistemlərində təhlükəsizlik səviyyəsini klassik metodlarla müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Ənənəvi şifrə əsaslı autentifikasiya üsulları artıq kifayət qədər etibarlı hesab olunmur, çünki onlar asanlıqla sındırıla və ya oğurlana bilər. Sİ isə daha kompleks və çoxqatlı təhlükəsizlik təmin edir. Süni intellekt əsaslı sistemlər real vaxtda istifadəçinin davranışlarını izləyərək anomaliyaları aşkarlayır. Məsələn, istifadəçinin əvvəlki imzalama tezliyi, coğrafi mövqeyi, cihaz növü və giriş saatları kimi məlumatlar təhlil olunur və bu profilə uyğun olmayan fəaliyyətlər bloklanır və ya əlavə yoxlamaya yönləndirilir.

İmza Prosesi Zamanının Azaldılması

Ənənəvi imza və sənəd təsdiqi prosesləri, xüsusilə fiziki sənəd mübadiləsi zamanı zaman baxımından xeyli resurs tələb edir. Süni intellekt bu prosesi avtomatlaşdırmaqla və optimallaşdırmaqla, istifadəçilərə saniyələr içində sənədləri imzalamaq imkanı yaradır. Sİ sistemləri sənəd növünü avtomatik olaraq tanıya, əvvəlcədən təyin edilmiş imza yerlərini müəyyən edə və sənədin hüquqi uyğunluğunu yoxladıqdan sonra istifadəçiyə birbaşa imzalama üçün interfeys təqdim edə bilər. Bu, sənədin əvvəlcədən yoxlanılması və təsdiqi üçün sərf olunan vaxtı aradan qaldırır.

İstifadəçi Təcrübəsinin Təkmilləşdirilməsi

Süni intellekt istifadəçi təcrübəsinin fərdiləşdirilməsi və optimallaşdırılmasında mühüm rol oynayır. E-imza platformaları Sİ texnologiyalarını tətbiq etməklə istifadəçinin davranışlarını analiz edir və buna uyğun interfeysi, funksiyaları və tövsiyələri təqdim edir. Məsələn, istifadəçi hansı növ sənədləri daha çox imzalayırsa, sistem həmin sənəd şablonlarını önə çəkir. Əlavə olaraq, intellektual sistemlər istifadəçinin dil, cihaz və istifadə vərdişlərini tanımaqla ona uyğunlaşdırılmış interfeys təklif edir. Bu, həm istifadə rahatlığını artırır, həm də sistemdən istifadəni intuitiv hala gətirir.

Real Vaxtda Monitoring və Cavabvermə

Sİ texnologiyaları sistem fəaliyyətini və istifadəçi hərəkətlərini daim izləyərək real vaxtda analiz etməyə qadirdir. Bu monitoring prosesi, həm təhlükəsizlik risklərinin aşkarlanması, həm də əməliyyatların səmərəli şəkildə idarə olunması üçün vacibdir. Məsələn, sistem bir istifadəçinin eyni sənədi müxtəlif IP ünvanlarından və ya fərqli vaxt zonalarından imzalamağa çalışdığını qeydə alarsa, bu fəaliyyət dərhal “şübhəli” kimi işarələnir və əlavə yoxlama tələb oluna bilər. Bu, potensial fırıldaqçılığın qarşısını vaxtında almağa imkan verir.

Problemlər və Çağırışlar

Məlumat Məxfiliyi və İstifadəçi Razılığı Problemləri

Süni intellektin elektron imza sistemlərində tətbiqi istifadəçi məlumatlarının, xüsusilə biometrik və davranış göstəricilərinin toplanmasını tələb edir. Bu isə **məxfi məlumatların qorunması və istifadəçi razılığı** məsələlərini gündəmə gətirir. Problemi daha da ağırlaşdıran amil odur ki, istifadəçi razılığı çox vaxt standart şərtlərlə alınır və istifadəçilər əslində razı olduqları məqamları texniki cəhətdən dərk

etmirlər. Bu da məlumatların sui-istifadəsinə, qeyri-qanuni emalına və hətta kommersiya məqsədilə paylaşılmasına gətirib çıxara bilər.

Hüquqi Tənzimləmələrin Uyğunsuzluğu

Süni intellektin integrasiyası klassik elektron imza çərçivələri ilə tez-tez hüquqi ziddiyyətlər yaradır. Mövcud normativ-hüquqi aktlar bir çox hallarda **Sİ-nin qərar qəbuletmə mexanizmini tanımır və ya hüquqi statusunu müəyyən etmir**. Məsələn, Sİ-nin imzanın autentikliyinə avtomatik qiymətləndirməsi və ya sənədin hüquqi uyğunluğunu proqnozlaşdırması hüquq sistemləri tərəfindən birmənalı qəbul olunmur. Bir çox yurisdiksiyada yalnız insan tərəfindən verilmiş hüquqi qərarlar etibarlı sayılır, bu isə avtomatlaşdırılmış sistemlərin nəticələrinə etibarın azalmasına səbəb olur.

Texnoloji Asılılıq və Avtomatlaşdırmanın Riskləri

Süni intellektə əsaslanan sistemlərdə yüksək dərəcədə **avtomatlaşdırma və texnoloji asılılıq** həm təhlükəsizlik baxımından, həm də fəaliyyətin davamlılığı baxımından risk daşıyır. Sistemlərdə baş verən texniki nasazlıqlar, səhv modelləşdirmə, və ya öyrədilmiş modelin təhrif olunmuş nəticə verməsi ciddi hüquqi və maddi nəticələrə səbəb ola bilər. Məsələn, yanlış olaraq imzanın saxta kimi qiymətləndirilməsi və ya fırıldaq halının aşkarlanmayaraq imzanın keçərli sayılması hüquqi mübahisələrə yol açar bilər.

Alqoritmik Şəffaflıq və Hesabatlılığın Olmaması

Süni intellekt sistemlərinin qərar qəbuletmə mexanizmləri çox zaman **"qara qutu" (black box)** kimi qalır yəni istifadəçilər və hətta tərtibatçılar sistemin hansı meyarlarla qərar verdiyini izah etməkdə çətinlik çəkirlər. Bu şəffaflıq çatışmazlığı hüquqi və etik baxımdan ciddi suallar doğurur: əgər bir süni intellekt sistemi bir istifadəçinin imzasını etibarsız sayırsa, bu qərarın məntiqi izahı kimə və necə verilməlidir? Kim bu qərarın məsuliyyətini daşıyır – sistemin istehsalçısı, istifadəçisi, yoxsa imzalayan tərəf? Bu problemi aradan qaldırmaq üçün **alqoritmik hesabatlılıq, izah edilə bilən süni intellekt (Explainable AI)** yanaşmaları tətbiq edilməlidir. Lakin bu sahədə texnoloji inkişafılar hələ də istənilən səviyyədə deyil.

Gələcək Perspektivlər

İntegrasiya Olunmuş Rəqəmsal Kimlik Sistemləri

Gələcəkdə süni intellekt texnologiyaları vasitəsilə elektron imza sistemləri yalnız sənəd imzalama vasitəsi olmaqdan çıxaraq, **rəqəmsal identifikasiya platformalarına** çevriləcək. Sİ bu sistemləri vətəndaşların rəqəmsal kimliyinin əsas daşıyıcısı halına gətirəcək. Bu isə sadəcə imza deyil, həm də identifikasiya, avtorizasiya, hüquqi status və rəqəmsal reputasiya kimi sahələri əhatə edəcək.

Süni intellekt istifadəçilərin **biometrik, davranışsal və sosial identifikatorlarını** analiz edərək bir növ rəqəmsal “kimlik portreti” yarada biləcək. Bu portret istifadəçinin yalnız bir ölkədə deyil, qlobal miqyasda rəqəmsal xidmətlərə çıxışını asanlaşdıracaq. Bu cür sistemlər **tək imza ilə çoxsaylı platformalara çıxış, avtomatik vergi hesabatı, sosial xidmətlərə integrasiya** və s. imkanlar təqdim edə bilər. Üstəlik, bu kimlik sistemlərinin blokçeyn texnologiyaları ilə birləşdirilməsi nəticəsində

dəyişdirilməsi mümkün olmayan rəqəmsal şəxsiyyət reyestrləri meydana gələcək ki, bu da etibarlılıq və şəffaflığı maksimuma çatdıracaq.

Tam Avtomatlaşdırılmış İmza Axınları

Hazırda elektron imza sistemləri əsasən istifadəçinin aktiv hərəkətini tələb etsə də, gələcəkdə süni intellektin inkişafı ilə bu proses tamamilə **avtomatik və öz-özünə öyrənən imza axınlarına** çevriləcək. Sənədin tərkibinə, növünə, hüquqi məzmununa və istifadəçi profilinə əsasən Sİ sistemləri hansı sənədin nə zaman, kim tərəfindən və hansı formada imzalanmalı olduğunu **öncədən proqnozlaşdıracaq**. Beləliklə, müntəzəm şəkildə imzalanan müqavilələr, hesabatlar və ərizələr üçün **“öncəgörmə ilə avtomatik imzalama”** mexanizmləri fəaliyyətə keçəcək.

Bu xüsusiyyətlər hüquqi çərçivədə tam tənzimləndikdə, insan müdaxiləsi olmadan sənədlər etibarlı şəkildə imzalanacaq. Belə avtomatlaşdırma xüsusilə korporativ və dövlət səviyyəsində sənəd dövriyyəsinin sürətini və effektivliyini əhəmiyyətli dərəcədə artıracaq.

Süni İntellektlə Dəstəklənən Hüquqi Analitika

Gələcəkdə Sİ texnologiyalarının hüquqi analitika sahəsində rolu daha da güclənəcək. E-imza sistemləri sadəcə sənədi imzalamaqla kifayətlənməyəcək, həm də sənədin **hüquqi, maliyyə və etik baxımdan analizini** həyata keçirə biləcək. Sİ modelləri müqavilələrin və digər sənədlərin məzmununu təhlil edərək **potensial hüquqi riskləri aşkarlayacaq, ziddiyyətli və ya qeyri-müəyyən bəndləri işarələyəcək, və alternativ ifadə formaları** təklif edəcək. Bu xüsusiyyətlər hüquqşünas olmayan şəxslərin belə öz sənədlərinin hüquqi uyğunluğunu təmin etməsinə şərait yaradacaq.

Eyni zamanda, Sİ texnologiyaları **qanunvericilik dəyişikliklərini real vaxtda izləyərək**, sənədlərin yeni tələblərə uyğunluğunu avtomatik şəkildə yoxlaya və lazım gəldikdə düzəliş təklif edə bilər. Bu isə hüquqi təhlükəsizlik və müasirlik baxımından ciddi üstünlükdür.

Transsərhəd Elektron İmza Standartlarının Yaranması

Hazırda müxtəlif ölkələrin və təşkilatların e-imza sistemləri və hüquqi tələbləri bir-birindən əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir. Bu, beynəlxalq sənəd mübadiləsini və etibarlı imzalama prosesini çətinləşdirir. Lakin süni intellektin inkişafı ilə **transsərhəd (beynəlxalq) uyğunluq modelləri** mümkün olacaq. Sİ texnologiyaları müxtəlif ölkələrin hüquqi və texniki standartlarını öyrənərək **uyğunluq uyğunlaşdırıcı modullar** yarada bilər. Bu modullar sayəsində, məsələn, Avropa İttifaqında eIDAS-standartına əsasən imzalanmış sənəd ABŞ-da ESIGN və ya Braziliyada ICP-Brasil çərçivəsində etibarlı hesab oluna bilər.

Gələcəkdə beynəlxalq təşkilatların təşəbbüsü ilə **vahid qlobal rəqəmsal identifikasiya və imza standartları** formalaşa bilər. Bu, həm qlobal ticarətin, həm də beynəlxalq hüquqi proseslərin rəqəmsal transformasiyasına mühüm töhfə verəcək.

Ədəbiyyat Siyahısı

1. European Commission. (2014). eIDAS Regulation (EU) No 910/2014.
2. ISO/IEC 27001:2013. Information security management systems.

3. Böhme, R., & Moore, T. (2012). The Economics of Information Security. *Science*, 339(6124), 6104–6109.
4. Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.
5. Liu, W., & Zhang, Y. (2021). Biometric Authentication Using Deep Learning. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*.
6. Jain, A. K., Ross, A., & Nandakumar, K. (2011). *Introduction to Biometrics*. Springer.
7. Zarsky, T. (2016). The Trouble with Algorithmic Decisions: An Analytic Road Map to Examine Efficiency and Fairness in Automated and Opaque Decision Making. *Science, Technology, & Human Values*.
8. Kamarinou, D., Millard, C., & Singh, J. (2016). *Machine Learning with Personal Data*. Queen Mary School of Law Legal Studies Research Paper No. 247/2016.
9. Binns, R. (2018). Fairness in Machine Learning: Lessons from Political Philosophy. *Proceedings of the 2020 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*.
10. Estermann, T. et al. (2020). *Legal Challenges in the Use of AI for Trust Services*. EU Agency for Cybersecurity (ENISA) Report.

SÜNİ İNTELLEKTDƏ EMOSİONAL ZƏKANIN İNKİŞAFI VƏ İNSAN PSIXOLOGİYASINA TƏSİRİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17537979>

Nərmin Əliyeva
Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu
TSPX II kurs magistrant
nerminaliyeva19944@gmail.com

Xülasə

Bu məqalədə süni intellekt sistemlərində emosional zəkanın inkişafı və bu prosesin insan psixologiyasına təsiri ətraflı şəkildə araşdırılır. Eyni zamanda, müasir dövrdə süni intellekt texnologiyalarının yalnız məntiqi və analitik funksiyalarla kifayətlənməyib, emosional komponentləri də əhatə etməsi, bu sahənin elmi və praktik aktuallığını daha da artırır. Süni intellekt artıq təkcə verilənləri analiz edən və qərar qəbul edən sistem deyil, həm də insan duyğularını anlayan, dəyərləndirən və onlara uyğun reaksiya verən emosional partnyor funksiyasını daşımağa başlayır. Məqalədə emosional zəka ilə təchiz olunmuş süni intellekt sistemlərinin emosional vəziyyətləri necə analiz etdiyi, insan emosiyalarını hansı üsullarla tanıdığı və bu informasiyalardan istifadə edərək insanlarla necə münasibətlər qurduğu geniş şəkildə izah olunur. Məqalədə süni intellektin insan psixologiyasına həm müsbət, həm də mənfi təsirləri konkret nümunələrlə təqdim edilir. Müsbət təsirlər sırasında emosional dəstək, stressin azaldılması, mənfi təsirlər içərisində isə psixoloji asılılıq, emosional manipulyasiya, insanların qərarvermə proseslərinə texnologiyanın mənfi təsiri kimi məsələlər vurğulanır. Bununla yanaşı, süni intellekt və emosional zəkanın vəhdətində yaranan etik məsələlər, texnoloji manipulyasiya riski və insan-texnologiya münasibətlərinin gələcək inkişaf istiqamətləri haqqında elmi-nəzəri baxışlar da təqdim olunur. Tədqiqat nəticələri göstərir ki, emosional zəka bacarıqlarına malik süni intellekt sistemləri insanlarla daha interaktiv, empatik və humanist münasibət qurmağa imkan yaradır. Bu isə psixoloji dəstək xidmətlərində, emosional rifahın yüksəldilməsi və sosial münasibətlərin gücləndirilməsi baxımından yeni imkanlar açır. Xüsusilə, depressiya, stress, tənhalıq, emosional çətinlik yaşayan insanlara fərdi yanaşmalar təklif etmək, emosional vəziyyətlərə uyğun məsləhətlər və yönləndirmələr vermək baxımından bu sistemlərin tətbiq imkanları genişlənir.

Məqalənin sonunda süni intellektə emosional zəka modellərinin tətbiqinin insan psixologiyasına təsirlərinin həm imkanlarını, həm də təhlükələrini nəzərdən keçirərək, bu mövzuda gələcək elmi-praktiki işlər üçün nəzəri baza və istiqamət, mövcud risklərə qarşı təklif olunan tədbirlər geniş şəkildə nəticə olaraq qeyd edilir.

Açar sözlər: Süni intellekt, emosional zəka, süni intellekt sistemləri, insan psixologiyası, emosional dəstək texnologiyaları, texnoloji manipulyasiya, psixoloji asılılıq,

Giriş

Müasir dövrdə süni intellekt texnologiyalarının sürətli inkişafı insan həyatının müxtəlif sahələrinə təsir etməkdədir. Tətbiq sahələrinin genişlənməsi, xüsusilə insanlarla qarşılıqlı əlaqədə olan sistemlərdə süni intellektin emosional zəka komponentlərinə malik olmasını zəruri edir. Emosional zəka insanın özü və başqalarının emosiyalarını tanıması, idarə etməsi və sosial münasibətləri effektiv qurması bacarığıdır. Bu anlayış süni intellekt sistemlərinə də tətbiq edilərək, insan davranışını daha yaxşı anlamaq və uyğun emosional reaksiya vermək məqsədi daşıyır. Məqalənin məqsədi süni intellektdə emosional zəkanın inkişafı və bunun insan psixologiyasına təsirini araşdırmaqdır.

Emosional zəka anlayışı Daniel Goleman tərəfindən irəli sürülmüş və beş əsas komponentlə təsvir olunmuşdur: öz emosiyalarını tanıma, idarə etmə, motivasiya, empatiya və sosial bacarıqlar. Süni intellekt sistemlərində bu komponentlərin modelləşdirilməsi insan-AI qarşılıqlı təsirinin daha real və məhsuldar olmasını təmin edir. Hal-hazırda chatbotlar, sosial robotlar, virtual psixoloqlar kimi sistemlərdə emosional zəka elementləri istifadə olunur. Məsələn, səs tonu, üz ifadəsi və davranış modellərinin təhlili vasitəsilə istifadəçinin emosional vəziyyəti müəyyən edilir və uyğun cavab təqdim olunur.

Əsas hissə

Emosional Zəkanın İnkişaf Yönləri və Texnologiyaları: Süni intellektdə emosional zəkanın inkişafı bir neçə texnoloji istiqamət üzrə həyata keçirilir.

Səs və Nitq Analizi: İstifadəçinin danışiq tərz, intonasiya və səs tonu vasitəsilə emosional vəziyyətin müəyyənəşdirilməsi.

Üz İfadələrinin Tanınması: Vizual sistemlər vasitəsilə istifadəçinin üz ifadələrinin və mimikalarının analizi.

Məlumatların Psixoloji Analizi: Yazılı və şifahi müraciətlərin emosional və psixoloji məzmununun təhlili.

Adaptiv Davranış Modelləri: Süni intellektin istifadəçinin emosional vəziyyətinə uyğun davranış və cavab modelləri tətbiq etməsi.

Süni intellektdə emosional zəkanın inkişafı insan psixologiyasına həm müsbət, həm də mənfi təsirlər göstərir:

Müsbət Təsirlər:

- Emosional dəstək xidmətləri ilə stress və depressiyanın azaldılması.

- Tənha və sosial dəstəkdən məhrum olan şəxslər üçün virtual dost və psixoloji yardım vasitələrinin yaradılması.

- SI sistemlərinin fərdi emosional vəziyyətə uyğunlaşaraq münasib emosional cavab verməsi.

Mənfi Təsirlər:

- Virtual emosional münasibətlərin insan münasibətlərini zəiflətməsi.
- Emosional manipulyasiya və asılılıq yarada biləcək təhlükələr.
- Şəxsi emosional məlumatların təhlükəsizlik və məxfiliyi məsələləri.

Süni intellektdə emosional zəka modellərinin tətbiqi insan-texnologiya münasibətlərində yeni imkanlar yaratmaqla yanaşı, müəyyən riskləri və etik problemləri də gündəmə gətirir. Bu sahənin inkişafı cəmiyyətin psixoloji, sosial və hüquqi mühitinə birbaşa təsir göstərdiyindən, mövcud və potensial təhlükələrə diqqətlə yanaşmaq zəruridir.

1. Emosional manipulyasiya riski: Emosional zəka ilə təchiz olunmuş süni intellekt sistemləri insan emosiyalarını tanıyaraq ona uyğun reaksiyalar verir. Bu isə bəzi hallarda istifadəçilərin emosional vəziyyətindən sui-istifadə olunması və manipulyasiya edilməsi riskini artırır. Xüsusilə reklam, siyasi təşviqat və sosial media platformalarında bu cür manipulyativ texnologiyaların tətbiqi insan psixikasına təsir göstərə bilər və fərdi qərarların azadlığını məhdudlaşdırabilir.

2. Psixoloji asılılıq: Emosional zəka ilə təchiz olunmuş süni intellekt sistemləri insanlarda virtual münasibətlərə ehtiyac yarada bilər. Xüsusilə emosional dəstəyə ehtiyac duyan şəxslər bu sistemlərə psixoloji cəhətdən bağlana bilər və bu da sosial təcridə, real münasibətlərin zəifləməsinə və texnologiyaya emosional asılılığın yaranmasına səbəb ola bilər.

3. Şəxsi məxfiliyin pozulması: Emosional zəka sistemləri insanın emosional vəziyyətlərini analiz etmək üçün üz ifadələri, səs tonu, bədən dili və digər şəxsi məlumatlardan istifadə edir. Bu isə şəxsi həyatın gizliliyi və məlumat təhlükəsizliyi baxımından ciddi narahatlıq doğurur. Bu məlumatların üçüncü şəxslərə ötürülməsi və ya qeyri-qanuni məqsədlərlə istifadəsi etik və hüquqi problemlər yarada bilər.

4. Virtual münasibətlərin real münasibətlərə təsiri: Süni intellektlə qurulan emosional münasibətlər real sosial münasibətlərin keyfiyyətinə və dəyərinə təsir edə bilər. İnsanların AI sistemlərinə emosional bağlılıq göstərməsi, onların insanlarla münasibətlərə daha az önəm verməsinə və sosial bacarıqlarının zəifləməsinə səbəb ola bilər. Bu, uzunmüddətli psixoloji və sosial nəticələr doğura bilər.

5. Məlumatların yanlış interpretasiyası: Emosional zəka sistemlərinin bəzi hallarda emosional vəziyyətləri düzgün qiymətləndirməməsi, yanlış nəticələr çıxarması və ya qeyri-dəqiq

məlumat əsasında qərar verməsi riski də mövcuddur. Bu da istifadəçilərdə narazılıq, psixoloji zərər və etibarın azalması ilə nəticələnə bilər.

Nəticə

Nəticə olaraq qeyd etmək lazımdır ki, süni intellekt texnologiyalarının sürətli inkişafı və həyatın müxtəlif sahələrində tətbiqi, emosional zəkanın bu sistemlərdə integrasiyasını zəruri etmişdir. Tədqiqatlar və praktiki nümunələr göstərir ki, süni intellektdə emosional zəka komponentlərinin inkişafı insan-texnologiya münasibətlərini daha humanist və effektiv edir. Emosional zəka ilə təchiz olunmuş AI sistemləri istifadəçilərlə daha yaxın emosional əlaqə qurmaq, onların emosional vəziyyətlərini anlamaq və uyğun reaksiyalar vermək bacarığına malik olur. Bu imkanlar bir tərəfdən insanlara psixoloji dəstək göstərmək, emosional rifahı artırmaq və sosial ehtiyacları qarşılamaq baxımından mühüm imkanlar yaradır. Digər tərəfdən isə, bu inkişaf bir sıra etik və sosial problemləri də gündəmə gətirir. Süni intellekt vasitəsilə emosional məlumatların toplanması və təhlili, insan psixologiyasına təsir imkanları, emosional manipulyasiya və şəxsi məlumatların məxfiliyi məsələləri ciddi nəzarət və tənzimləmə tələb edir. Virtual münasibətlərin real sosial münasibətlərə təsiri də nəzərə alınmalı, süni emosional bağlılıqların yaratdığı risklər və psixoloji asılılıq halları araşdırılmalıdır. Beləliklə, süni intellektdə emosional zəkanın inkişafı geniş perspektivlər və imkanlar açmaqla yanaşı, diqqətli yanaşma və elmi-nəzəri əsaslandırma tələb edir. Gələcəkdə bu sahədə daha dərin araşdırmaların aparılması, etik normaların formalaşdırılması və süni intellekt texnologiyalarının insan psixologiyasına müsbət təsirinin təmin olunması vacib məsələlərdən biridir.

Ədəbiyyat siyahısı.

1. Əliyev, H. (2019). Süni intellekt və insan psixologiyası: müasir yanaşmalar. Bakı: Elm və Təhsil Nəşriyyatı.
2. Qasımova, S. (2021). Emosional zəka və onun psixoloji xüsusiyyətləri. Bakı: Təhsil Nəşriyyatı.
3. Məmmədova, R. (2020). Süni intellektin emosional zəka modellərində tətbiqi. Azərbaycan Psixologiya Jurnalı.
4. Гусев, А. Н. (2020). Эмоциональный интеллект и искусственный интеллект: точки соприкосновения. Москва: Наука.
5. Иванова, Е. В. (2018). Психологические аспекты взаимодействия человека с интеллектуальными системами. Вопросы психологии.
6. Смирнов, С. В. (2021). Искусственный интеллект и эмоциональная составляющая: вызовы современности. Современные научные исследования.

7. Ekman, P. (2003). Emotions revealed: Recognizing faces and feelings to improve communication and emotional life. Times Books.
8. McStay, A. (2018). Emotional AI: The rise of empathic media. Sage Publications.

Summary

This article thoroughly examines the development of emotional intelligence in artificial intelligence (AI) systems and the impact of this process on human psychology. At the same time, in the modern era, AI technologies no longer remain limited to purely logical and analytical functions but increasingly incorporate emotional components, which significantly enhances the scientific and practical relevance of this field. AI is no longer just a system that analyzes data and makes decisions — it is becoming an emotional partner that understands, evaluates, and responds to human emotions. The article provides a detailed explanation of how emotionally intelligent AI systems analyze emotional states, recognize human emotions using various methods, and build relationships with people based on this information. The paper presents both the positive and negative effects of AI on human psychology with concrete examples. Among the positive effects are emotional support and stress reduction, while the negative effects include psychological dependency, emotional manipulation, and the potential negative impact of technology on human decision-making. Additionally, the article highlights the ethical issues emerging from the intersection of AI and emotional intelligence, the risk of technological manipulation, and the future directions of human-technology relations from a scientific and theoretical perspective. Research results show that AI systems equipped with emotional intelligence skills allow for more interactive, empathetic, and humanistic communication with people. This opens up new opportunities for psychological support services, emotional well-being improvement, and strengthening social relations. In particular, the application potential of these systems is expanding in offering personalized approaches to people experiencing depression, stress, loneliness, and emotional difficulties, as well as in providing recommendations and guidance according to emotional states.

In conclusion, the article reviews both the opportunities and risks of applying emotional intelligence models in AI, offering a theoretical basis and direction for future scientific and practical research, along with proposed measures to address existing risks.

Key words: Artificial intelligence, emotional intelligence, artificial intelligence systems, human psychology, emotional support technologies, technological manipulation, psychological dependence.

Резюме

В данной статье подробно рассматривается развитие эмоционального интеллекта в системах искусственного интеллекта (ИИ) и влияние этого процесса на психологию человека. В современную эпоху технологии ИИ уже не ограничиваются только логическими и аналитическими функциями, а всё чаще включают эмоциональные компоненты, что значительно повышает научную и практическую актуальность этой области. Искусственный интеллект перестаёт быть просто системой анализа данных и принятия решений — он становится эмоциональным партнёром, способным понимать, оценивать и соответствующим образом реагировать на человеческие эмоции. В статье подробно объясняется, как оснащённые эмоциональным интеллектом системы ИИ анализируют эмоциональные состояния, с помощью каких методов распознают человеческие эмоции и каким образом выстраивают взаимоотношения с людьми, используя эту информацию. Показаны как положительные, так и отрицательные влияния ИИ на психологию человека с конкретными примерами. Среди положительных эффектов отмечаются эмоциональная поддержка и снижение стресса, а среди негативных — психологическая зависимость, эмоциональные манипуляции и возможное негативное влияние технологий на процесс принятия решений человеком. Кроме того, в статье поднимаются вопросы этики, возникающие на стыке ИИ и эмоционального интеллекта, риски технологических манипуляций и будущие направления развития отношений между человеком и технологиями с научно-теоретической точки зрения. Результаты исследований показывают, что системы ИИ, обладающие навыками эмоционального интеллекта, позволяют выстраивать с людьми более интерактивные, эмпатичные и гуманистические отношения. Это открывает новые возможности в сфере психологической поддержки, повышения эмоционального благополучия и укрепления социальных связей. Особенно широкие перспективы применения таких систем открываются в индивидуальном подходе к людям, испытывающим депрессию, стресс, одиночество и эмоциональные трудности, а также в предоставлении рекомендаций и направлений в соответствии с их эмоциональным состоянием.

В заключение статьи рассматриваются как возможности, так и риски внедрения моделей эмоционального интеллекта в ИИ, предлагается теоретическая база и направления для будущих научно-практических исследований, а также меры по предотвращению существующих рисков.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, эмоциональный интеллект, системы искусственного интеллекта, психология человека, технологии эмоциональной поддержки, технологические манипуляции, психологическая зависимость.

SOME NOVEL ESTIMATIONS FOR DIFFERENT KINDS OF CONVEX FUNCTIONS VIA MODIFIED ATANGANA-BALEANU INTEGRAL OPERATORS

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17538001>

BARIŞ ÇELİK, ERHAN SET, AND AHMET OCAK AKDEMİR

ABSTRACT. Fractional analysis has recently been used quite effectively in the field of inequality theory, as in all subjects of mathematics. Different and new fractional operators obtained with the help of variants created in the kernel structures have contributed to the development of fractional analysis and have also brought new directions to other fields. Atangana-Baleanu fractional integral operator has an important place among fractional integral operators in terms of its non-singular and non-local properties. In this study, new integral inequalities have been proved for different types of convex function classes by using the Modified Atangana-Baleanu fractional integral operator obtained from Atangana-Baleanu fractional integral operator, which produces functional solutions to many dynamic real world problems compared to other operators. In the proof stages of the main findings, basic inequalities such as Hölder, Power-mean, Young and Jensen inequalities have been used and many reduced results have been provided.

1. INTRODUCTION AND PRELIMINARIES

Convex functions are special types of functions that play a central role in mathematical analysis and optimization theory. This structure of convexity provides a great advantage, especially in the analysis of solution sets and minimum values. Different types of convex functions-such as strictly convex, strongly convex, and piecewise convex functions-are selected according to the nature of various problems and directly affect the performance of the solution methods. For example, strictly convex functions guarantee a singular minimum, while strongly convex functions enable optimization algorithms to converge faster. These types play a critical role in both theoretical analysis and algorithm design in disciplines such as nonlinear programming, machine learning, economics, control theory, and statistics. In addition, the geometric simplicity provided by convexity makes the behavior of the solution space more predictable and computable, even in high-dimensional problems. For this reason, convex functions are among the indispensable tools not only in theoretical mathematical studies but also in modeling complex systems in the real world.

We will start with some basic concepts that will be used to prove main findings as follows.

2010 *Mathematics Subject Classification.* 26A33, 26D10, 26D15.

Key words and phrases. Quasi-convex function, Hölder inequality, power mean inequality, Young inequality, modified Atangana-Baleanu (AB) fractional integral operators.

Definition 1.1. [2] The function $\aleph : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ is called a quasi-convex if the following inequality

$$\aleph(\rho u + (1 - \rho)v) \leq \max\{\aleph(u), \aleph(v)\}$$

holds for all $u, v \in [r, s]$ and $\rho \in [0, 1]$.

Definition 1.2. The function $\aleph : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ is η -convex if

$$\aleph(\rho u + (1 - \rho)v) \leq \aleph(v) + \rho\eta(\aleph(u), \aleph(v))$$

for all $u, v \in [r, s]$, $\rho \in [0, 1]$, and $\eta : \mathbb{R} \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ with $\eta(\aleph(u), \aleph(v)) \leq \aleph(u) - \aleph(v)$ for $\aleph(u) \geq \aleph(v)$. Similarly, $\aleph$ is η -concave if

$$\aleph(\rho u + (1 - \rho)v) \geq \aleph(v) + \rho\eta(\aleph(u), \aleph(v)).$$

Fractional analysis, as an extension of classical calculus, offers a deep perspective in mathematical analysis by generalizing the concepts of derivative and integral to non-integer degrees. This field has attracted the attention of various scientists especially since the 17th century, but has started to be researched more intensively in recent years with the developing calculation methods and increasing application areas.

Fractional derivatives and integrals, unlike classical derivatives, include not only point changes but also the effects of the past behavior of the system. Thanks to this memory structure, fractional analysis provides a great advantage in modeling the effects accumulated over time in fields such as physics, biology, economics and engineering. Fractional models offer more accurate and flexible solutions, especially in phenomena that cannot be adequately explained by classical methods such as anomalous diffusion, viscoelasticity, electrical circuits, control systems and biological tissue modeling.

Mathematically, fractional analysis adds a new dimension to the theory of differential equations and defines more general and comprehensive solution spaces beyond classical solutions. In this respect, it provides a strong theoretical basis for more realistic modeling, control and simulation of systems.

As a result, fractional calculus is of critical importance in contemporary science and technology, not only in terms of theoretical mathematics but also in understanding and managing complex systems.

Some operators that are among the basic concepts of fractional analysis and have become famous for their applications are defined as follows.

Definition 1.3. [3,4] The AB-fractional integral operator for $\aleph \in L_1[r, T]$ and $0 < \rho < 1$ is defined by

$${}_r^{AB}I_\xi^\rho \aleph(\xi) = \frac{1 - \rho}{M(\rho)} \aleph(\xi) + \frac{\rho}{M(\rho)\Gamma(\rho)} \int_r^\xi (\xi - \eta)^{\rho-1} \aleph(\eta) d\eta.$$

Definition 1.4. [1] The modified left-sided fractional integral operator for $\aleph \in L_1[r, T]$ and $0 < \rho < 1$ with respect to Ψ is defined by

$${}_r^{MAB}I_{\Psi(\xi)}^\rho \aleph(\xi) = \frac{1 - \rho}{M(\rho)} \aleph(\xi) + \frac{\rho}{M(\rho)\Gamma(\rho)} \int_r^\xi (\Psi(\xi) - \Psi(\eta))^{\rho-1} \Psi'(\eta) \aleph(\eta) d\eta.$$

Definition 1.5. [1] The modified right-sided fractional integral operator for $\aleph \in L_1[r, s]$ and $0 < \rho < 1$ with respect to Ψ is defined by

$${}_s^{MAB}I_{\Psi(\xi)}^\rho \aleph(\xi) = \frac{1-\rho}{M(\rho)} \aleph(\xi) + \frac{\rho}{M(\rho)\Gamma(\rho)} \int_\xi^s (\Psi(\eta) - \Psi(\xi))^{\rho-1} \Psi'(\eta) \aleph(\eta) d\eta.$$

Remark 1.1. If we consider $\Psi(\xi) = \xi$ in Definition 1.4, then we get the AB-operator defined in Definition 1.3.

2. MAIN RESULTS

In the main findings part, first of all, an integral identity is reminded. Then, new integral inequalities are obtained by using this integral identity, some convex function types and some basic inequality derivation methods. Since the results contain modified Atangana-Baleanu (AB) fractional integral operators, new integral inequalities, whose proofs are given, introduce new approaches and add a new dimension to the literature.

In [5], Rahman et al. established the following identity involving modified Atangana-Baleanu (AB) fractional integral operators:

Lemma 2.1. Assume that $\Psi : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ is a strictly increasing and positive function with a continuous derivative on $[r, s]$. Let $\aleph : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ be a differentiable function on (r, s) , where $\aleph' \in L_1[r, s]$ and $r < s$. For modified Atangana-Baleanu (AB) fractional integral operators, the following identity holds:

$$\begin{aligned} & \left[\frac{(t-r)^\varrho + (s-t)^\varrho}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \\ & - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}_\Psi^{MAB}I_{\Psi^{-1}(t)}^\varrho (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}_\Psi^{MAB}I_{\Psi^{-1}(t)}^\varrho (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \\ & = \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \int_0^1 \rho^\varrho \aleph'(\rho t + (1-\rho)r) d\rho - \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \int_0^1 \rho^\varrho \aleph'(\rho t + (1-\rho)s) d\rho, \end{aligned}$$

where $\varrho \in (0, 1]$, $t \in [r, s]$, and $\rho \in [0, 1]$.

In this section, we use the modified Atangana-Baleanu (AB) fractional integral operators to obtain some fractional integral inequalities for the quasi-convex function and η -convex function, respectively, as follows.

Theorem 2.1. Assume that $\Psi : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ is a strictly increasing and positive function with a continuous derivative on $[r, s]$. Let $\aleph : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ be a differentiable function on (r, s) , $\aleph' \in L_1[r, s]$, and $r < s$. If $|\aleph'|^q$ is a quasi-convex function, the following inequality holds:

$$\begin{aligned} & \left| \left[\frac{(t-r)^\varrho + (s-t)^\varrho}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\ & \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}_\Psi^{MAB}I_{\Psi^{-1}(t)}^\varrho (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}_\Psi^{MAB}I_{\Psi^{-1}(t)}^\varrho (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\ & \leq \left(\frac{1}{\varrho p + 1} \right)^{\frac{1}{p}} \left[\frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q \} \right)^{\frac{1}{q}} \right. \\ & \quad \left. + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\max \{ |\aleph'(s)|^q, |\aleph'(t)|^q \} \right)^{\frac{1}{q}} \right] \end{aligned}$$

$$+ \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q \} \right)^{\frac{1}{q}} \Bigg],$$

where $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$, $t \in [r, s]$, $\varrho \in (0, 1]$, and $M(\varrho) > 0$.

Proof. Using Lemma 2.1, well known Hölder inequality and the quasi-convexity of $|\aleph'|^q$ on $[r, s]$, we can write

$$\begin{aligned} & \left| \left[\frac{(t-r)^{\varrho} + (s-t)^{\varrho}}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\ & \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\ & \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho p} d\rho \right)^{\frac{1}{p}} \left(\int_0^1 |\aleph'(\rho t + (1-\rho)r)|^q d\rho \right)^{\frac{1}{q}} \\ & \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho p} d\rho \right)^{\frac{1}{p}} \left(\int_0^1 |\aleph'(\rho t + (1-\rho)s)|^q d\rho \right)^{\frac{1}{q}} \\ & \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho p} d\rho \right)^{\frac{1}{p}} \left(\max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q \} \right)^{\frac{1}{q}} \\ & \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho p} d\rho \right)^{\frac{1}{p}} \left(\max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(s)|^q \} \right)^{\frac{1}{q}} \\ & = \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{\varrho p + 1} \right)^{\frac{1}{p}} \left(\max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q \} \right)^{\frac{1}{q}} \\ & \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{\varrho p + 1} \right)^{\frac{1}{p}} \left(\max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(s)|^q \} \right)^{\frac{1}{q}} \\ & = \left(\frac{1}{\varrho p + 1} \right)^{\frac{1}{p}} \left[\frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q \} \right)^{\frac{1}{q}} \right. \\ & \quad \left. + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q \} \right)^{\frac{1}{q}} \right] \end{aligned}$$

where it is easily seen that $\int_0^1 \rho^{\varrho p} d\rho = \frac{1}{\varrho p + 1}$. This completes the proof. $\square$

Theorem 2.2. Assume that $\Psi : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ is a strictly increasing and positive function with a continuous derivative on $[r, s]$. Let $\aleph : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ be a differentiable function on (r, s) , $\aleph' \in L_1[r, s]$, and $r < s$. If $|\aleph'|^q$ is a quasi-convex function, the following inequality holds:

$$\begin{aligned} & \left| \left[\frac{(t-r)^{\varrho} + (s-t)^{\varrho}}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\ & \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\ & \leq \left(\frac{1}{\varrho + 1} \right) \left[\frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q \} \right)^{\frac{1}{q}} + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(s)|^q \} \right)^{\frac{1}{q}} \right], \end{aligned}$$

where $q \geq 1$, $t \in [r, s]$, $\varrho \in (0, 1]$, and $M(\varrho) > 0$.

Proof. Using Lemma 2.1, well known power mean inequality and the quasi-convexity of $|\aleph'|^q$ on $[r, s]$, we can write

$$\begin{aligned}
& \left| \left[\frac{(t-r)^\varrho + (s-t)^\varrho}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\
& \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^\varrho (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^\varrho (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^\varrho d\rho \right)^{1-\frac{1}{q}} \left(\int_0^1 \rho^\varrho |\aleph'(\rho t + (1-\rho)r)|^q d\rho \right)^{\frac{1}{q}} \\
& \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^\varrho d\rho \right)^{1-\frac{1}{q}} \left(\int_0^1 \rho^\varrho |\aleph'(\rho t + (1-\rho)s)|^q d\rho \right)^{\frac{1}{q}} \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^\varrho d\rho \right)^{1-\frac{1}{q}} \left(\int_0^1 \rho^\varrho \max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q \} d\rho \right)^{\frac{1}{q}} \\
& \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^\varrho d\rho \right)^{1-\frac{1}{q}} \left(\int_0^1 \rho^\varrho \max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(s)|^q \} d\rho \right)^{\frac{1}{q}} \\
& = \left(\frac{1}{\varrho+1} \right)^{1-\frac{1}{q}} \left(\frac{1}{\varrho+1} \right)^{\frac{1}{q}} \\
& \quad \times \left[\frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} (\max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q \})^{\frac{1}{q}} + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} (\max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(s)|^q \})^{\frac{1}{q}} \right].
\end{aligned}$$

So the proof is completed. $\square$

Theorem 2.3. Assume that $\Psi : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ is a strictly increasing and positive function with a continuous derivative on $[r, s]$. Let $\aleph : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ be a differentiable function on (r, s) , $\aleph' \in L_1[r, s]$, and $r < s$. If $|\aleph'|^q$ is a quasi-convex function, the following inequality holds:

$$\begin{aligned}
& \left| \left[\frac{(t-r)^\varrho + (s-t)^\varrho}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\
& \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^\varrho (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^\varrho (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{p(\varrho p + 1)} + \frac{1}{q} (\max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q \}) \right) \\
& \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{p(\varrho p + 1)} + \frac{1}{q} (\max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(s)|^q \}) \right),
\end{aligned}$$

where $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$, $t \in [r, s]$, $\varrho \in (0, 1]$, and $M(\varrho) > 0$.

Proof. From Lemma 2.1, apply the Young inequality $ab \leq \frac{a^p}{p} + \frac{b^q}{q}$, we obtain

$$\left| \left[\frac{(t-r)^\varrho + (s-t)^\varrho}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right.$$

$$\begin{aligned}
& \left| -\frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}^M_{\Psi} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}^M_{\Psi} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left[\frac{1}{p} \int_0^1 \rho^{\varrho p} d\rho + \frac{1}{q} \int_0^1 |\aleph'(\rho t + (1-\rho)r)|^q d\rho \right] \\
& \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left[\frac{1}{p} \int_0^1 \rho^{\varrho p} d\rho + \frac{1}{q} \int_0^1 |\aleph'(\rho t + (1-\rho)s)|^q d\rho \right] \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{p(\varrho p + 1)} + \frac{1}{q} (\max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q \}) \right) \\
& \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{p(\varrho p + 1)} + \frac{1}{q} (\max \{ |\aleph'(t)|^q, |\aleph'(s)|^q \}) \right).
\end{aligned}$$

So, the proof is completed. $\square$

Theorem 2.4. Assume that $\Psi : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ is a strictly increasing and positive function with a continuous derivative on $[r, s]$. Let $\aleph : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ be a differentiable function on (r, s) , $\aleph' \in L_1[r, s]$, and $r < s$. If $|\aleph'|$ is η -convex with respect to η , the following inequality holds:

$$\begin{aligned}
& \left| \left[\frac{(t-r)^{\varrho} + (s-t)^{\varrho}}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\
& \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}^M_{\Psi} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}^M_{\Psi} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left\{ \frac{|\aleph'(r)|}{\varrho+1} + \frac{\eta(|\aleph'(t)|, |\aleph'(r)|)}{\varrho+2} \right\} \\
& \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left\{ \frac{|\aleph'(s)|}{\varrho+1} + \frac{\eta(|\aleph'(t)|, |\aleph'(s)|)}{\varrho+2} \right\},
\end{aligned}$$

where $t \in [r, s]$, $\varrho \in (0, 1]$, and $M(\varrho) > 0$.

Proof. By using the identity that is given in Lemma 2.1, we obtain

$$\begin{aligned}
& \left| \left[\frac{(t-r)^{\varrho} + (s-t)^{\varrho}}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\
& \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}^M_{\Psi} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}^M_{\Psi} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \int_0^1 \rho^{\varrho} |\aleph'(\rho t + (1-\rho)r)| d\rho + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \int_0^1 \rho^{\varrho} |\aleph'(\rho t + (1-\rho)s)| d\rho.
\end{aligned}$$

Since $|\aleph'|$ is η -convex, we get

$$\begin{aligned}
& \left| \left[\frac{(t-r)^{\varrho} + (s-t)^{\varrho}}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\
& \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}^M_{\Psi} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}^M_{\Psi} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \int_0^1 \rho^{\varrho} [|\aleph'(r)| + \rho \eta(|\aleph'(t)|, |\aleph'(r)|)] d\rho
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \int_0^1 \rho^{\varrho} [|\aleph'(s)| + \rho \eta(|\aleph'(t)|, |\aleph'(s)|)] d\rho \\
& = \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left\{ \frac{|\aleph'(r)|}{\varrho+1} + \frac{\eta(|\aleph'(t)|, |\aleph'(r)|)}{\varrho+2} \right\} \\
& + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left\{ \frac{|\aleph'(s)|}{\varrho+1} + \frac{\eta(|\aleph'(t)|, |\aleph'(s)|)}{\varrho+2} \right\}
\end{aligned}$$

and the proof is completed. $\square$

Theorem 2.5. Assume that $\Psi : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ is a strictly increasing and positive function with a continuous derivative on $[r, s]$. Let $\aleph : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ be a differentiable function on (r, s) , $\aleph' \in L_1[r, s]$, and $r < s$. If $|\aleph'|^q$ is η -convex with respect to η , where $q \geq 1$, the following inequality holds for modified AB-fractional integral operators:

$$\begin{aligned}
& \left| \left[\frac{(t-r)^{\varrho} + (s-t)^{\varrho}}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\
& \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{\varrho p + 1} \right)^{\frac{1}{p}} \left[|\aleph'(r)|^q + \frac{\eta(|\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q)}{2} \right]^{\frac{1}{q}} \\
& \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{\varrho p + 1} \right)^{\frac{1}{p}} \left[|\aleph'(s)|^q + \frac{\eta(|\aleph'(t)|^q, |\aleph'(s)|^q)}{2} \right]^{\frac{1}{q}},
\end{aligned}$$

where $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$, $t \in [r, s]$, $\varrho \in (0, 1]$, and $M(\varrho) > 0$.

Proof. Using Lemma 2.1 and applying the Hölder inequality, we have

$$\begin{aligned}
& \left| \left[\frac{(t-r)^{\varrho} + (s-t)^{\varrho}}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\
& \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho p} d\rho \right)^{\frac{1}{p}} \left(\int_0^1 |\aleph'(\rho t + (1-\rho)r)|^q d\rho \right)^{\frac{1}{q}} \\
& \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho p} d\rho \right)^{\frac{1}{p}} \left(\int_0^1 |\aleph'(\rho t + (1-\rho)s)|^q d\rho \right)^{\frac{1}{q}}.
\end{aligned}$$

Since $|\aleph'|^q$ is η -convex, we obtain

$$\begin{aligned}
& \left| \left[\frac{(t-r)^{\varrho} + (s-t)^{\varrho}}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\
& \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho p} d\rho \right)^{\frac{1}{p}} \left(\int_0^1 [|\aleph'(r)|^q + \rho \eta(|\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q)] d\rho \right)^{\frac{1}{q}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho p} d\rho \right)^{\frac{1}{p}} \left(\int_0^1 [|\aleph'(s)|^q + \rho \eta(|\aleph'(t)|^q, |\aleph'(s)|^q)] d\rho \right)^{\frac{1}{q}} \\
& = \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{\varrho p + 1} \right)^{\frac{1}{p}} \left[|\aleph'(r)|^q + \frac{\eta(|\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q)}{2} \right]^{\frac{1}{q}} \\
& + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{\varrho p + 1} \right)^{\frac{1}{p}} \left[|\aleph'(s)|^q + \frac{\eta(|\aleph'(t)|^q, |\aleph'(s)|^q)}{2} \right]^{\frac{1}{q}}.
\end{aligned}$$

So, the proof is completed. $\square$

Theorem 2.6. Assume that $\Psi : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ is a strictly increasing and positive function with a continuous derivative on $[r, s]$. Let $\aleph : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ be a differentiable function on (r, s) , $\aleph' \in L_1[r, s]$, and $r < s$. If $|\aleph'|^q$ is η -convex with respect to η , where $q \geq 1$, the following inequality holds:

$$\begin{aligned}
& \left| \left[\frac{(t-r)^{\varrho} + (s-t)^{\varrho}}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\
& \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{\varrho+1} \right)^{1-\frac{1}{q}} \left[\frac{|\aleph'(r)|^q}{\varrho+1} + \frac{\eta(|\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q)}{\varrho+2} \right]^{\frac{1}{q}} \\
& \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{\varrho+1} \right)^{1-\frac{1}{q}} \left[\frac{|\aleph'(s)|^q}{\varrho+1} + \frac{\eta(|\aleph'(t)|^q, |\aleph'(s)|^q)}{\varrho+2} \right]^{\frac{1}{q}},
\end{aligned}$$

where $t \in [r, s]$, $\varrho \in (0, 1]$, and $M(\varrho) > 0$.

Proof. From Lemma 2.1, applying the power-mean inequality, we get

$$\begin{aligned}
& \left| \left[\frac{(t-r)^{\varrho} + (s-t)^{\varrho}}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\
& \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho} d\rho \right)^{1-\frac{1}{q}} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho} |\aleph'(\rho t + (1-\rho)r)|^q d\rho \right)^{\frac{1}{q}} \\
& \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho} d\rho \right)^{1-\frac{1}{q}} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho} |\aleph'(\rho t + (1-\rho)s)|^q d\rho \right)^{\frac{1}{q}}.
\end{aligned}$$

Since $|\aleph'|^q$ is η -convex, we have

$$\begin{aligned}
& \left| \left[\frac{(t-r)^{\varrho} + (s-t)^{\varrho}}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\
& \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho} d\rho \right)^{1-\frac{1}{q}} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho} [|\aleph'(r)|^q + \rho \eta(|\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q)] d\rho \right)^{\frac{1}{q}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho} d\rho \right)^{1-\frac{1}{q}} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho} [|\aleph'(s)|^q + \rho \eta(|\aleph'(t)|^q, |\aleph'(s)|^q)] d\rho \right)^{\frac{1}{q}} \\
& = \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{\varrho+1} \right)^{1-\frac{1}{q}} \left[\frac{|\aleph'(r)|^q}{\varrho+1} + \frac{\eta(|\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q)}{\varrho+2} \right]^{\frac{1}{q}} \\
& + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{\varrho+1} \right)^{1-\frac{1}{q}} \left[\frac{|\aleph'(s)|^q}{\varrho+1} + \frac{\eta(|\aleph'(t)|^q, |\aleph'(s)|^q)}{\varrho+2} \right]^{\frac{1}{q}}.
\end{aligned}$$

So, the proof is completed. $\square$

Theorem 2.7. Assume that $\Psi : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ is a strictly increasing and positive function with a continuous derivative on $[r, s]$. Let $\aleph : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ be a differentiable function on (r, s) , $\aleph' \in L_1[r, s]$, and $r < s$. If $|\aleph'|^q$ is η -convex with respect to η , where $q \geq 1$, the following inequality holds:

$$\begin{aligned}
& \left| \left[\frac{(t-r)^{\varrho} + (s-t)^{\varrho}}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\
& \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left[\frac{1}{p(\varrho p + 1)} + \frac{1}{q} \left(|\aleph'(r)|^q + \frac{\eta(|\aleph'(t)|^q, |\aleph'(r)|^q)}{2} \right) \right] \\
& \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left[\frac{1}{p(\varrho p + 1)} + \frac{1}{q} \left(|\aleph'(s)|^q + \frac{\eta(|\aleph'(t)|^q, |\aleph'(s)|^q)}{2} \right) \right],
\end{aligned}$$

where $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$, $t \in [r, s]$, $\varrho \in (0, 1]$, and $M(\varrho) > 0$.

Proof. From Lemma 2.1, apply the Young inequality $ab \leq \frac{a^p}{p} + \frac{b^q}{q}$, we get

$$\begin{aligned}
& \left| \left[\frac{(t-r)^{\varrho} + (s-t)^{\varrho}}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\
& \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}_{\Psi}^{MAB} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho} (\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left[\frac{1}{p} \int_0^1 \rho^{\varrho p} d\rho + \frac{1}{q} \int_0^1 |\aleph'(\rho t + (1-\rho)r)|^q d\rho \right] \\
& \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left[\frac{1}{p} \int_0^1 \rho^{\varrho p} d\rho + \frac{1}{q} \int_0^1 |\aleph'(\rho t + (1-\rho)s)|^q d\rho \right].
\end{aligned}$$

Since $|\aleph'|^q$ is η -convex and by a simple computation, we have the desired result. $\square$

Theorem 2.8. Assume that $\Psi : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ is a strictly increasing and positive function with a continuous derivative on $[r, s]$. Let $\aleph : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ be a differentiable function on (r, s) , $\aleph' \in L_1[r, s]$, and $r < s$. If $|\aleph'|$ is η -concave with respect to η , the following inequality holds:

$$\left| \left[\frac{(t-r)^{\varrho} + (s-t)^{\varrho}}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right.$$

$$\begin{aligned}
& -\frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[\frac{MAB}{\Psi} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho}(\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + \frac{MAB}{\Psi} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho}(\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \Bigg| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{\varrho+1} \right) \left| \aleph' \left(\frac{(\varrho+1)t+r}{\varrho+2} \right) + \eta \left(\aleph' \left(\frac{(\varrho+1)t+r}{\varrho+2} \right), \aleph'(r) \right) \right| \\
& \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{\varrho+1} \right) \left| \aleph' \left(\frac{(\varrho+1)t+s}{\varrho+2} \right) + \eta \left(\aleph' \left(\frac{(\varrho+1)t+s}{\varrho+2} \right), \aleph'(s) \right) \right|,
\end{aligned}$$

where $\varrho \in (0, 1]$ and $M(\varrho) > 0$.

Proof. From Lemma 2.1, apply the Jensen integral inequality for the η -concave function $|\aleph'|$, we have

$$\begin{aligned}
& \left| \left[\frac{(t-r)^{\varrho} + (s-t)^{\varrho}}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\
& \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[\frac{MAB}{\Psi} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho}(\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + \frac{MAB}{\Psi} I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho}(\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho} d\rho \right) \\
& \quad \times \left| \aleph' \left(\frac{\int_0^1 \rho^{\varrho}(\rho t + (1-\rho)r) d\rho}{\int_0^1 \rho^{\varrho} d\rho} \right) + \eta \left(\aleph' \left(\frac{\int_0^1 \rho^{\varrho}(\rho t + (1-\rho)r) d\rho}{\int_0^1 \rho^{\varrho} d\rho} \right), \aleph'(r) \right) \right| \\
& \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho} d\rho \right) \\
& \quad \times \left| \aleph' \left(\frac{\int_0^1 \rho^{\varrho}(\rho t + (1-\rho)s) d\rho}{\int_0^1 \rho^{\varrho} d\rho} \right) + \eta \left(\aleph' \left(\frac{\int_0^1 \rho^{\varrho}(\rho t + (1-\rho)s) d\rho}{\int_0^1 \rho^{\varrho} d\rho} \right), \aleph'(s) \right) \right|,
\end{aligned}$$

where

$$\begin{aligned}
\int_0^1 \rho^{\varrho} d\rho &= \frac{1}{\varrho+1}, \\
\int_0^1 \rho^{\varrho}(\rho t + (1-\rho)r) d\rho &= \frac{(\varrho+1)t+r}{(\varrho+1)(\varrho+2)}
\end{aligned}$$

and

$$\int_0^1 \rho^{\varrho}(\rho t + (1-\rho)s) d\rho = \frac{(\varrho+1)t+s}{(\varrho+1)(\varrho+2)}.$$

Thus, the arguments become $\frac{(\varrho+1)t+r}{\varrho+2}$ and $\frac{(\varrho+1)t+s}{\varrho+2}$, yielding the result. $\square$

Theorem 2.9. Assume that $\Psi : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ is a strictly increasing and positive function with a continuous derivative on $[r, s]$. Let $\aleph : [r, s] \rightarrow \mathbb{R}$ be a differentiable function on (r, s) , $\aleph' \in L_1[r, s]$, and $r < s$. If $|\aleph'|^q$ is η -concave with respect to η , where $q > 1$, the following inequality holds:

$$\left| \left[\frac{(t-r)^{\varrho} + (s-t)^{\varrho}}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right|$$

$$\begin{aligned}
& -\frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}^{MAB}I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho}(\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}^{MAB}I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho}(\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \Big| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{\varrho p + 1} \right)^{\frac{1}{p}} \left| \aleph' \left(\frac{t+r}{2} \right) + \eta \left(\aleph' \left(\frac{t+r}{2} \right), \aleph'(r) \right) \right| \\
& \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\frac{1}{\varrho p + 1} \right)^{\frac{1}{p}} \left| \aleph' \left(\frac{s+t}{2} \right) + \eta \left(\aleph' \left(\frac{s+t}{2} \right), \aleph'(s) \right) \right|,
\end{aligned}$$

where $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$, $t \in [r, s]$, $\varrho \in (0, 1]$, and $M(\varrho) > 0$.

Proof. From Lemma 2.1, applying the Hölder inequality, we have

$$\begin{aligned}
& \left| \left[\frac{(t-r)^{\varrho} + (s-t)^{\varrho}}{s-r} \right] \aleph(t) + \frac{1-\varrho}{s-r} \Gamma(\varrho) [\aleph(r) + \aleph(s)] \right. \\
& \quad \left. - \frac{M(\varrho)\Gamma(\varrho)}{s-r} \left[{}^{MAB}I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho}(\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(r)) + {}^{MAB}I_{\Psi^{-1}(t)}^{\varrho}(\aleph \circ \Psi)(\Psi^{-1}(s)) \right] \right| \\
& \leq \frac{(t-r)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho p} d\rho \right)^{\frac{1}{p}} \left(\int_0^1 |\aleph'(\rho t + (1-\rho)r)|^q d\rho \right)^{\frac{1}{q}} \\
& \quad + \frac{(s-t)^{\varrho+1}}{s-r} \left(\int_0^1 \rho^{\varrho p} d\rho \right)^{\frac{1}{p}} \left(\int_0^1 |\aleph'(\rho t + (1-\rho)s)|^q d\rho \right)^{\frac{1}{q}}.
\end{aligned}$$

Since $|\aleph'|^q$ is η -concave, applying the Jensen inequality, we obtain

$$\begin{aligned}
& \int_0^1 |\aleph'(\rho t + (1-\rho)r)|^q d\rho \\
& \geq \left| \aleph' \left(\frac{\int_0^1 (\rho t + (1-\rho)r) d\rho}{\int_0^1 1 d\rho} \right) + \eta \left(\aleph' \left(\frac{\int_0^1 (\rho t + (1-\rho)r) d\rho}{\int_0^1 1 d\rho} \right), \aleph'(r) \right) \right|^q \\
& = \left| \aleph' \left(\frac{t+r}{2} \right) + \eta \left(\aleph' \left(\frac{t+r}{2} \right), \aleph'(r) \right) \right|^q.
\end{aligned}$$

Similarly,

$$\int_0^1 |\aleph'(\rho t + (1-\rho)s)|^q d\rho \geq \left| \aleph' \left(\frac{t+s}{2} \right) + \eta \left(\aleph' \left(\frac{t+s}{2} \right), \aleph'(s) \right) \right|^q$$

which completes proof. $\square$

3. CONCLUSION

In this study, the Modified Atangana-Baleanu fractional integral operator, which is developed based on the Atangana-Baleanu fractional integral operator, which is superior to other operators in terms of its capacity to provide functional solutions to dynamic and real-world problems, has been used. By means of this operator, new integral inequalities have been proved for various classes of convex functions. Interested researchers can prove several new integral inequalities by usnig more general kinds of convex functions and different integral identities.

REFERENCES

- [1] W.-H. Huang, M. Samraiz, A. Mehmood, D. Baleanu, G. Rahman, S. Naheed, *Modified Atangana-Baleanu fractional operators involving generalized Mittag-Leffler function*, Alex. Eng. J. 75 (2023) 639–648, <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.05.037>.
- [2] D.A. Ion, *Some estimates on the Hermite-Hadamard inequality through quasi-convex functions*, Annals of the University of Craiova, Mathematics and Computer Science Series, 34 (2007), 82–87.
- [3] Z. Jianke, W. Gaofeng, Z. Xiaobin, Z. Chang, *Generalized Euler–Lagrange equations for fuzzy fractional variational problems under gH -Atangana–Baleanu differentiability*, Hindawi 2018, J. Funct. Spaces, (2018) 2740678, <https://doi.org/10.1155/2018/2740678>.
- [4] D. Kumar, J. Singh, D. Baleanu, *Analysis of regularized long-wave equation associated with a new fractional operator with Mittag-Leffler type kernel*, Phys. A, Stat. Mech. Appl., 492 (2018) 155–167.
- [5] G. Rahman, M. Samraiz, K. Shah, T. Abdeljawad, Y. Elmasry, *Advancements in integral inequalities of Ostrowski type via modified Atangana-Baleanu fractional integral operator*, Heliyon, 11(1) (2025), e41525, 1–13.

ORDU UNIVERSITY, DEPARTMENT OF MATHEMATICS, FACULTY OF SCIENCE AND ARTS, ORDU, TURKEY

Email address: bariscelik15@hotmail.com

ORDU UNIVERSITY, DEPARTMENT OF MATHEMATICS, FACULTY OF SCIENCE AND ARTS, ORDU, TURKEY

Email address: erhanset@yahoo.com

AĞRI İBRAHİM ÇEÇEN UNIVERSITY, DEPARTMENT OF MATHEMATICS, FACULTY OF ARTS AND SCIENCES, AĞRI, TURKEY

Email address: aocakakdemir@gmail.com

GÜÇ TRAFOLARI KATI YALITKAN YÜZEYİNDEKİ DEŞARJLARIN YAPAY ZEKA ile DEĞERLENDİRİLMESİ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17538011>

Fatih ATALAR¹, Berika Varol MALKOÇOĞLU², Aysel ERSOY¹, Rüya ŞAMLI², Pawel ROZGA³,
Rengaraj Madavan⁴

¹ Department of Electrical and Electronics Engineering, Istanbul University-Cerrahpaşa, 34320 İstanbul, Turkey

² Department of Computer Engineering, Istanbul University-Cerrahpaşa, 34320 İstanbul, Turkey

³ Institute of Electrical Power Engineering, Lodz University of Technology, 90-924 Łódź, Poland

⁴ K.Ramakrishnan College of Technology, Trichy, Tamilnadu, India

ÖZET

Güç trafolarının güvenli ve verimli çalışması, içerisinde kullanılan katı yalıtkan malzemelerin elektriksel dayanımına doğrudan bağlıdır. Bu malzemelerden biri olan pressboard (mukavva) tipi yalıtkan, işletme süresi boyunca yüksek elektrik alanlara maruz kalarak zamanla bozulmalara uğramaktadır. Özellikle sivri uçlu elektrotlardan kaynaklanan düzensiz elektrik alan dağılımları, yüzeyde kısmideşarjlara neden olmakta ve budeşarjlar sonucunda çeşitli geometrik desenler oluşmaktadır. Bu desenler, kullanılan elektrot tipi ve yalıtkanın elektriksel strese ne kadar süre maruz kaldığı hakkında önemli ipuçları sunmaktadır. Bu çalışmada, sabit 40 kV yüksek gerilim altında üç farklı elektrot konfigürasyonu (küre-düzlem, silindir-düzlem ve çubuk-düzlem) ile test edilen toplam 13 adet pressboard örneği değerlendirilmiştir. Tam elektriksel delinmeye kadar geçen süre deneysel olarak ölçülmüş ve her bir örnek için yüzeyde oluşan desenler yüksek çözünürlüklü olarak kaydedilmiştir. Elde edilen görseller, çok modlu analiz yeteneğine sahip GPT-4o adlı büyük dil modeli ile değerlendirilmiş, modelden her bir görsel için kullanılan elektrot tipi ve maruz kalma süresi tahmini istenmiştir. Model, yalnızca örnek tabanlı yönlendirme (few-shot prompting) yöntemiyle, herhangi bir yeniden eğitim gereksinimi olmadan çalıştırılmıştır. Test edilen 10 görsel örneği üzerinde yapılan analiz sonucunda model, elektrot tipini %80 doğrulukla doğru sınıflandırmış ve süre tahminlerinde çoğunlukla ± 1.5 saatlik hata payıyla başarılı öngörülerde bulunmuştur. Elde edilen bulgular, GPT-4o'nun mühendislik temelli görsel analizlerde de etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermekte ve güç trafolarında kestirimci bakım uygulamaları için yeni nesil yapay zeka tabanlı karar destek sistemlerinin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Güç trafosu, pressboard, yapay zeka, LLM, GPT-4o

GİRİŞ

Elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve dağıtımında kullanılan ekipmanların gelişen teknolojiyle her geçen gün güncellenmesi ve geliştirilmesi kesintisiz ve sürdürülebilir enerji açısından büyük önem arz etmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin her geliştiği yeni çağ, algılayıcılarla donatılmış bir elektrik şebekesinin oluşmasına katkı sağlamaktadır [1-3]. Böylece, uzaktan izleme imkanlarıyla olası hatalar en başından tespit edilip, kesintiye yol açmadan müdahale edilmektedir. Rölelerin, sensörlerin ve scada sistemlerinin entegrasyonu ile ortaya çıkan verilerin değerlendirilmesi de enerji kalitesini sürdürülebilir hale getirmektedir. Günümüzde hemen her mobil cihazda kullanılabilen yapay zeka teknolojilerinin elektrik enerji sistemlerinde yer alan ekipmanlarda kullanımı her geçen gün artmaktadır.

Güç trafolarının elektrik enerji sistemlerinin adeta kalbi olduğu bilinmektedir [4,5]. Üretimden son tüketiciye dağıtımına kadar farklı gerilim ve güç seviyelerinde çalışabilen güç trafolarının işletme ömrü boyunca sağlıklı çalışmasıyla kesintisiz enerji eldesi ancak mümkündür. Hidroelektrik, jeotermal, doğalgaz, güneş, rüzgar veya nükleer enerji santralinde üretilmiş elektrik enerjisinin ilk ve son işlem gördüğü yer güç trafolarıdır. Dolayısıyla, yalıtım sistemi güçlü olan bir trafonun bakımlarının da zamanında yapılmasıyla arıza durumu çok nadir görülmektedir [6,7]. Arıza riskini en aza indirmek için klasik yöntemlere ek olarak gelişen teknoloji ve yapay zeka entegrasyonu son yıllarda kullanılmaya başlamıştır.

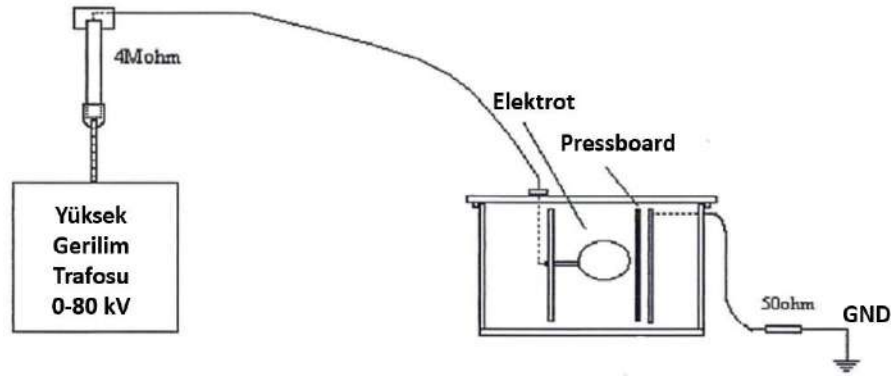
Stulov ve arkadaşları, güç transformatörlerinin tasarım süreçlerindeki zaman ve maliyetleri azaltma motivasyonu, yapay zeka (AI) tabanlı "Güç Transformatörleri Akıllı Tasarım" (PTSD) yaklaşımını sunmaktadır [8]. Yöntem olarak, optimum tasarımların sentezi için üretken tasarım (GDT) ve yapısal optimizasyon için genetik algoritmalar (GA) kullanılmıştır. Bu AI teknikleri, otomatik olarak oluşturulan eşdeğer devre (ECLib) ve alan modelleri (EMLib) ile desteklenmektedir. Sonuç olarak, bu AI yöntemlerinin hesaplama süresini kısalttığı, süreç analizini iyileştirdiği ve optimum tasarımların sentezini sağladığı belirtilmiştir. Özellikle, geliştirilen GA tabanlı optimizasyon alt sistemi kullanılarak 630-1600 kVA transformatör tasarımlarında %11'lik bir malzeme azalması elde edilmiştir. Žarković ve Stojković, güç transformatörlerinin durumunu izleme ve arıza teşhisi koymadaki zorlukları ele almaktadır. Motivasyonları, çok sayıda mevcut izleme verisine rağmen, arıza türünü ve olasılığını kesin olarak tahmin etmenin ve müdahale aciliyetine karar vermenin zorluğundan kaynaklanmaktadır. Yazarlar, bu soruna çözüm olarak, temelini Bulanık Mantık (Fuzzy Logic - FL) oluşturan bir yapay zeka (AI) metodolojisi önermektedir. Bu yaklaşım, uzman sistemler (Bulanık Kontrolörler - FC) oluşturmak için DGA, FRA, tgδ, PI, yaş ve sıcaklıklar gibi çok sayıda çevrimiçi ve çevrimdışı test parametresini birleştirir. Hem Mamdani hem de Sugeno tipi bulanık modeller incelenmiş, tek bir kontrolör ve geçmiş verileri de içeren beş ayrı kontrolörden oluşan iki farklı yapı test edilmiştir. Sırbistan iletim sisteminden alınan gerçek verilerle yapılan testler sonucunda, metodolojinin farklı arızaları tespit etmede kabul edilebilir etkinlik gösterdiği belirtilmiştir. FL kontrolörleri, müdahale aciliyetini 0 ile 1 arasında bir olasılık değeri olarak sayısal şekilde ifade etmektedir. Örneğin, durumu kritik olan 220/110 kV'luk bir transformatör için yüksek aciliyet değerleri (örn. Mamdani: 0.899, Sugeno: 0.65-0.797) elde edilirken, daha iyi durumdaki 400/110 kV'luk transformatör için düşük değerler (örn. Mamdani: 0.289, Sugeno: 0.15-0.218) hesaplanmıştır. Sonuçlar, Sağlık İndeksi (HI) gibi yerleşik yöntemlerle de uyumlu bulunmuş ve Sugeno modelinin arıza sınıflandırmasında başarılı olduğu (özellikle DGA için doğrulanmıştır) gösterilmiştir [9].

Rediansyah ve arkadaşları, güç transformatörlerinin Sağlık İndeksi (HI) belirlenmesinde karşılaşılan veri belirsizliği ve güvenilirlik sorunlarına odaklanmaktadır. Geleneksel skorlama-ağırlıklandırma (SW) yöntemlerinin doğruluğunun, eksik veya güvenilir olmayan verilere bağlı olarak düşebilmesi, çalışmanın temel motivasyonunu oluşturmaktadır. Yazarlar, bu sorunu çözmek için, yüksek doğrulukla transformatör sağlık durumunu belirleyebilen ve aynı zamanda veri belirsizliğini yönetebilen yapay zeka (AI) tabanlı bir HI yaklaşımı önermektedirler. Yöntem olarak, 504 adet 150 kV transformatörden toplanan yağ kalitesi, çözünmüş gaz analizi (DGA) ve kağıt durumu verileri kullanılarak yedi farklı AI algoritması (kNN, SVM, RF, Naïve Bayes, ANN, AdaBoost, Decision Tree) araştırılmıştır. Bu AI modellerinin performansı, geleneksel SW yöntemi referans alınarak karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, Rastgele Orman (Random Forest - RF) modelinin, transformatör HI kategorisini tahmin etmede %97.3'lük bir doğrulukla en iyi performansı sergilediğini göstermiştir. Veri belirsizliğiyle başa çıkmak için, eksik verilerin ortalama/en sık değerle doldurulduğu bir ön işleme adımıyla (RFwP) RF modeli geliştirilmiştir. Bu RFwP yaklaşımının, düşük veri kesinlik seviyelerinde bile (%70'in üzerinde kesinlik seviyesinde %90'ın üzerinde doğruluk, en kötü

- **Küre-düzlem:** 62,5 mm çapında küre, 9 mm çapında ve 140 mm uzunluğunda pirinç sapla desteklenmiştir.
- **Çubuk-düzlem:** 9 mm çapında, 140 mm uzunluğunda çubuk elektrot.
- **Silindir-düzlem:** 9 mm çapında, 150 mm uzunluğunda silindir elektrot.

Bu elektrotlar, yalıtkan malzeme üzerine yüksek gerilim uygulanarak delinmeye neden olmuştur. Her biri farklı yoğunluk ve şekilde delinme izleri bırakmaktadır.

Deneyler sabit 40 Kv yüksek gerilim altında 3 farklı elektrot düzeninde yapılmıştır (Şekil 2). 13 adet pressboard elektriksel tam delinmeye uğrayana kadar teste tabi tutulmuştur. Testler sonucunda 13 adet pressboard yüzeyinde elektriksel deşarjlara bağlı kısmi deşarj ve tam deşarj desenleri oluşmuştur. Yüzeydeki bu desenler yapay zeka modelimiz için görsel olarak kullanılmıştır. Bu görsellerdeki izlere sebep olan elektrot tipi ve delinmeye kadar geçen süre bilgisi deneysel gözlemlerle elde edilmiştir.



Şekil 2. Elektriksel Test Devresi

Kullanılan Tahmin Modeli: GPT-4o

Mevcut görsel sayısının, klasik makine öğrenmesi veya derin öğrenme modellerini eğitmek için yetersiz olması sebebiyle, bu çalışmada bir LLM modeli tercih edilmiştir. LLM'ler, büyük veri kümeleri üzerinde önceden eğitilmiş, metin ve diğer veri formatlarını tanıyabilen, özetleyebilen, çevirebilen ve yeni içerikler üretebilen derin öğrenme tabanlı yapay zeka modelleridir. Bu modellerin temelinde, uzun metin bağlamlarını anlamada ve dil üretiminde yüksek başarı sağlayan transformer mimarisi yer alır [12].

Bu çalışmada, çok modlu (multimodal) yapısı sayesinde metin, görsel ve ses gibi farklı veri türlerini aynı anda işleyebilen GPT'nin 4o versiyonu kullanılmıştır. GPT-4o, OpenAI tarafından geliştirilen ve görsel verileri yorumlayabilme yeteneği sayesinde yalnızca doğal dil işleme görevleriyle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda görsel analiz yapabilme kapasitesine de sahip yeni nesil bir GPT modelidir [13].

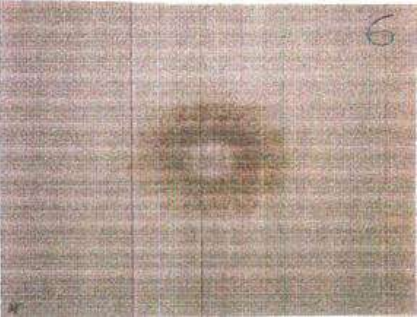
Seçilen GPT-4o modeline elektrotlara maruz kalmış katı yalıtım malzemelerine ait görseller verilerek, elektrot tipi ve maruz kalma süresinin tahminlemesi yapılmıştır. Fakat bu tahminleme sırasında klasik görüntü işleme modellerindeki gibi GPT-4o modeli eğitim verisiyle yeniden eğitilmemiştir. Bunun yerine, belirli göreve özgü yönlendirme (prompting) yapılarak yeniden işlevlendirilmiştir.

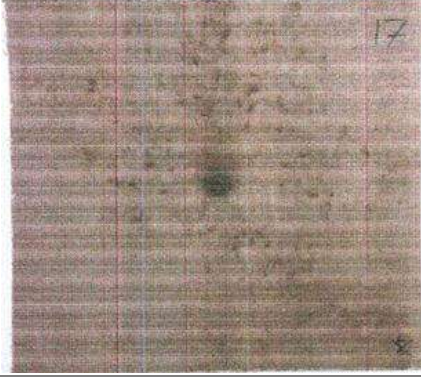
Bu görev için prompting yöntemlerinden biri olan örnek tabanlı bir yaklaşım benimsenmiştir. Bu yaklaşım, few-shot learning olarak bilinmektedir. Few-shot learning, LLM’lerin birkaç örnek üzerinden genelleme yapmasını sağlayan bir tekniktir. Model daha önce bu spesifik görevi öğrenmemiş olsa da, kullanıcı tarafından verilen birkaç örnekle (örneğin 3 referans görsel) bu görevi anlar ve benzer örnekler üzerinde çıkarım yapabilir. GPT-4o gibi modeller bu yöntemde, önceden eğitilmiş bilgi ile sağlanan örnekleri birleştirerek görev bağlamını kendi başına kavrar. Böylece özel bir eğitim veya ince ayar (fine-tuning) sürecine gerek kalmadan istenen yapı kurulabilir. Bu tahminleme süreci için aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

- İlk olarak, sistem yönlendirmesi amacıyla her biri farklı bir elektrot çiftini (silindir-düzlem, çubuk-düzlem, küre-düzlem) temsil eden üç adet referans görsel seçilmiştir. Seçimde, delinme merkezinin şekli, iz yayılımı, renk yoğunluğu gibi görsel nitelikler göz önünde bulundurulmuştur.
- GPT-4o modeli sistem promptları ve few-shotlar ile yönlendirilerek modelin tahmin etmesi istenen sınıflar ve özellikleri seçilen referans görseller aracılığı ile tanımlanmıştır. Her referans görsel için, kullanılan elektrot tipi ve delinene kadar geçen süre bilgisi açıkça belirtilmiştir. Bu sayede model, görsellerde aranan desen ve özellikleri tanımlayabilmiş ve test örneklerine uygulanabilir hale getirilmiştir.
- Toplamda 10 farklı test görseli modele sunulmuş ve her biri için aşağıdaki iki temel bilgi modelden tahmin etmesi istenmiştir:
 1. Hangi elektrot çiftinin kullanıldığı (silindir-düzlem, çubuk-düzlem, küre-düzlem)
 2. Yaklaşık olarak maruz kaldığı süre (saat veya dakika cinsinden)

Sonuçlar Tablo 1’de sunulmuş ve her bir tahmin, gerçek verilerle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Tablo 1. Test Edilmiş Veriler ve Karşılaştırmalı Sonuçlar

	Görsel	Deney Sonucu	GPT-4o Tahmini
1		Silindir-düzlem 10 saat	Küre-düzlem 18 saat
2		Küre-düzlem 22 saat	Küre-düzlem 24 saat

3		Silindir-düzlem 1,5 saat	Silindir-düzlem 1 saat
4		Küre-düzlem 12 saat	Küre-düzlem 15 saat
5		Küre-düzlem 10 saat	Küre-düzlem 15 saat
6		Küre-düzlem 17.5 saat	Küre-düzlem 17 saat
7		Çubuk-düzlem 30 dk	Çubuk-düzlem 25-30 dk

8		Silindir-düzlem 3.6 saat	Silindir-düzlem 3 saat
9		Çubuk-düzlem 1.8 saat	Çubuk-düzlem 45 dk
10		Küre-düzlem 12.5 saat	Silindir-düzlem 4 saat

Toplam 10 test görseli üzerinden yapılan değerlendirmede, model elektrot tipini %80 doğrulukla doğru tahmin edebilmiştir. Özellikle Küre-Düzlem ve Çubuk-Düzlem elektrot çiftleri için yapılan tahminlerde yüksek isabet oranı gözlenmiştir. Örneğin, Görsel 2, 4, 5 ve 6'da kullanılan Küre-Düzlem tipi eksiksiz tahmin edilmiş, ayrıca Çubuk-Düzlem kullanılan Görsel 7 de doğru olarak tahmin edilmiştir. Bu sonuçlar, modelin görsel desenler üzerinden fiziksel sistemleri ayırt edebilme becerisini ortaya koymaktadır. Buna karşın, yalnızca Görsel 1 ve 10'da elektrot tipi hatalı sınıflandırılmıştır. Görsel 1'de Silindir-Düzlem yerine Küre-Düzlem, Görsel 10'da ise Küre-Düzlem yerine Silindir-Düzlem tahmin edilmiştir. Bu hatalar muhtemelen bazı desenlerin birbirine morfolojik olarak benzemesinden kaynaklanmaktadır. Süre tahminlerinde ise modelin genel olarak makul bir aralıkta kaldığı, ancak daha fazla varyasyon gösterdiği gözlenmiştir. Doğru elektrot tipinin tahmin edildiği örneklerde süre tahmini hatası genellikle ± 1.5 saat içinde kalmakta, örneğin Görsel 3'te 1.5 saatlik deneysel süreye karşılık modelin 1 saatlik tahmini oldukça isabetlidir. Ancak bazı örneklerde, özellikle Görsel 9'da (1.8 saat yerine 45 dakika) ve Görsel 10'da (12.5 saat yerine 4 saat) modelin ciddi sapmalar gösterdiği görülmektedir. Bu durum, modelin süreye bağlı görsel özellikleri tanıma kapasitesinin daha sınırlı olduğunu ve zaman tahmininde bağlamsal belirsizlikler taşıdığını göstermektedir. Yine de modelin, yeniden eğitilmeden yalnızca yönlendirme (prompting) ile bu denli başarılı tahminler yapabilmesi, görsel analiz tabanlı arıza teşhis uygulamaları için umut verici bir temel sunmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışma, güç trafolarında kullanılan katı yalıtkan malzemelerin elektriksel delinme süreçlerinde oluşan yüzey desenlerinden faydalanarak, kullanılan elektrot tipini ve delinmeye kadar geçen süreyi tahmin etmeyi amaçlamıştır. Görsel analiz temelli bu yaklaşımda, çok modlu yapay zeka modeli GPT-4o'nun yönlendirme (prompting) yeteneklerinden yararlanılmış, klasik eğitim süreçleri olmaksızın yalnızca birkaç örnek üzerinden genelleme yapması sağlanmıştır. Toplam 10 test örneği üzerinde yapılan analizde, model elektrot tipini %80 doğrulukla doğru tahmin etmiş; süre tahminlerinde ise çoğunlukla ± 1.5 saatlik hata aralığında kalmıştır. Bu sonuçlar, modelin görsel desenlere dayalı sınıflandırma ve regresyon görevlerinde başarılı performans sergilediğini ve bu tür görevler için LLM temelli yapay zeka modellerinin etkin şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Modelin eğitim gerektirmeden, yalnızca birkaç örnekle görev odaklı şekilde yönlendirilebilmesi, veri miktarının kısıtlı olduğu mühendislik uygulamalarında önemli bir avantaj sunmaktadır.

Çalışmanın enerji sistemleri bakımından önemi, görsel izler üzerinden ekipman sağlığına dair kararların hızlı, doğru ve maliyet etkin şekilde alınabilmesini sağlamasında yatmaktadır. Endüstriyel olarak değerlendirildiğinde, bu yaklaşım sahada elde edilen delinme izlerinin dijitalleştirilerek analiz edilmesi yoluyla, trafolarda meydana gelen yalıtım hasarlarının tipini ve şiddetini önceden belirleyebilme olanağı sunmaktadır. Böylece bakım planlamaları optimize edilerek arıza riskleri azaltılabilir ve sistem güvenilirliği artırılabilir. Gelecek çalışmalar kapsamında, modelin tahmin doğruluğunu artırmak için daha geniş çaplı bir görsel veri seti oluşturulması, süre tahmini için zaman serisi analizleriyle desteklenen hibrit yapay zeka modellerinin kullanılması ve özellikle saha verileri ile sistemin doğrulanması planlanmaktadır. Ayrıca, farklı LLM ve görüntü işleme modelleriyle karşılaştırmalı performans analizleri gerçekleştirilerek, en uygun algoritma mimarisi belirlenebilir. Uzun vadede, bu yapının gerçek zamanlı arıza teşhisi ve öngörücü bakım sistemlerine entegre edilmesiyle, güç sistemleri ekipmanlarının dijital ikizine katkı sunması hedeflenmektedir.

Kaynakça

- [1] Horowitz, Stanley H., Arun G. Phadke, and Charles F. Henville. Power system relaying. John Wiley & Sons, 2022.
- [2] Gryzlov, A. A., and M. A. Grigor'Ev. "Improving the reliability of relay-protection and automatic systems of electric-power stations and substations." *Russian Electrical Engineering* 89 (2018): 245-248.
- [3] Zhang, Yi, Marija D. Ilić, and Ozan K. Tonguz. "Mitigating blackouts via smart relays: A machine learning approach." *Proceedings of the IEEE* 99.1 (2010): 94-118.
- [4] Meira, Matias, et al. "Power transformers monitoring based on electrical measurements: state of the art." *IET Generation, Transmission & Distribution* 12.12 (2018): 2805-2815.
- [5] Short, Thomas Allen. *Electric power distribution equipment and systems*. CRC press, 2018.
- [6] Mopari, Shrikant S., et al. "Health assessment of converter transformer pressboard insulation based on FDS and digital image processing." *Measurement: Sensors* 29 (2023): 100873.
- [7] Atalar, Fatih, N. Özben Önhon, and Mukden Uğur. "Investigation of the effect of layered structure on partial discharges in transformer pressboard insulator." *Electrical Engineering* 105.6 (2023): 3459-3467.

- [8] Stulov, Alexey, Andrey Tikhonov, and Irina Snitko. "Fundamentals of artificial intelligence in power transformers smart design." *2020 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon)*. IEEE, 2020.
- [9] Žarković, Mileta, and Zlatan Stojković. "Analysis of artificial intelligence expert systems for power transformer condition monitoring and diagnostics." *Electric Power Systems Research* 149 (2017): 125-136.
- [10] Rediansyah, Dhanu, Rahman Azis Prasajo, and A. Abu-Siada. "Artificial intelligence-based power transformer health index for handling data uncertainty." *IEEE Access* 9 (2021): 150637-150648.
- [11] Atalar, Fatih, et al. "Statistical analysis of induced magnetic fields on oil-impregnated insulation pressboards." *Electrical Engineering* 102.4 (2020): 2095-2107.
- [12] Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., ... & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in neural information processing systems*, 30.
- [13] OpenAI, "GPT-4o System Card", <https://openai.com/index/gpt-4o-system-card/> [23/04/2025]

THE PREDICTION OF CASING RUNNING DRAG LOADS USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17538033>

Vusal Iskandarov Akifkhan ¹
i.vusal99@gmail.com

¹Azerbaijan State Oil and Industry University

ABSTRACT

Key words: Drilling, Machine Learning, Torque and Drag, Drilling Optimization.

The objective of this study was to build a model in order to predict tripping in weight from the real time data. The study is aiming to support comprehensive torque and drag analysis for casing running operations and further optimize the modelling job by cutting the time required to analyse the real time data. This study involves several machine learning algorithms so as to build the model using real time data. The real time data from offshore fields located in South Caspian Basin was applied to train the model. The different machine learning techniques, such as linear and non-linear machine learning and deep artificial neural networks, trained model. The evaluation metric for training is Root Mean Square Error, however, the performances of the regressions are evaluated on the data using R-squared for their comparison.

The need to build the model to optimize casing running torque and drag simulations was raised when the side-track operations were commenced in the mature field where it was required to run 4.5" liner in slim-hole conditions with challenging well trajectory and severe dogleg severities. A couple of failures had already been occurred in offset wells, in which the 4.5" liner got stuck in slim open hole section. Also, in some cases, even though the liner was successfully run to the required depth, cementing operations were poorly performed due to poor centralization in the well. Therefore, as one of the improvements to manage the risks and optimize the operations, comprehensive model is determined to be built to further optimize and precisely predict torque and drag loads for casing running operations.

The paper will look at in depth look at how model was built for the first well, then calibrated with drilling data, and how the friction factors together with post job friction factors were easily analyzed. This paper also covers why this study is important, how it is different from the existing workflows and how machine learning can help to automate the time-consuming process in drilling engineering.

GİRİŞ (Introduction)

South Water Gunashli is an offshore oil field located in South Caspian Basin. The start of the production from the field was dated back to 1982 and boomed since (Leonid , George , & Fred , 2001). Even though the field development started more than 40 years ago, the first sidetracked

in-fill production well was drilled in 2023. During the drilling operation, a lot of difficulties had been happened. During the side-track operation planning and execution, it was becoming apparent that special engineering calculations and care should be considered for drilling and casing running operations as the side-tracked wells will have slim-hole sizes because of the old well design.

In many cases, planned wells need 4 ½” production liner across sidetracked hole section, and this created a lot of challenges regarding torque and drag forces and ECD limits in both liner running and cementing operations. At the beginning of the drilling campaigns, these challenges had resulted in liner stuck across open hole, even in one case, liner got stuck approximately 500 m below casing exit window. This has triggered drilling engineering and well planning team to be more pre-cautious about casing running.

The goal of this research is to share a case study of new engineering tool that helps to forecast liner running drag values in real-time from Leuza 2 mud-logging system which was preliminary used in the drilling operations.

The machine learning techniques are frequently being used to address challenging and time-consuming work process in the industry nowadays. One of the important but time-consuming works that drilling engineers do is analysing real time data to further optimize torque and drag simulations. Usually, the drilling engineers build torque and drag model in advanced software, such as WellPlan, DrillBench etc, using essential input parameters: wellbore information, open hole size, casing restrictions, well trajectory, casing string data, liner running tool information, liner hanger restrictions, casing running equipment data, rig limitations, centralizer data and centralizer placement. To correlate the model to actual expected weight data, one of the most essential parameters is “friction factor”. The term “friction factor”, is obtained from friction, an important source of energy loss. Since the tubulars and downhole equipment are being moved in and out during the casing running operations, the resistive force – friction force is observed in the form of drag. During the casing running operations, various operations have followed each other – tripping in, tripping out, tripping in or out with and without rotation. These obviously complicated the calculations, as a result various friction factors are used to determine those weights (Samuel, Friction factors: What are they for torque, drag, vibration, bottom hole assembly and transient surge/swab analyses?, 2010).

To add more context on friction factors as they are core of this study - The Friction Factor used in Torque and Drag calculations represents the multiplier applied to the side force to determine the resulting frictional force. Friction within the wellbore arises from various physical mechanisms and is influenced by factors such as the characteristics of the contacting surfaces, the type of drilling fluid, the wellbore’s trajectory, the extent of contact, and the presence of obstructions like drilled cuttings.

In most scenarios, the lubricating properties of the drilling fluid play the most significant role in defining the appropriate friction factor. It's common practice to use different friction factors for Cased Hole and Open Hole sections.

Considering the complexities of the simulations to accurately determine the casing running weights, sensitivity analysis of friction factors is usually performed upon any casing running operations (Figure 1).

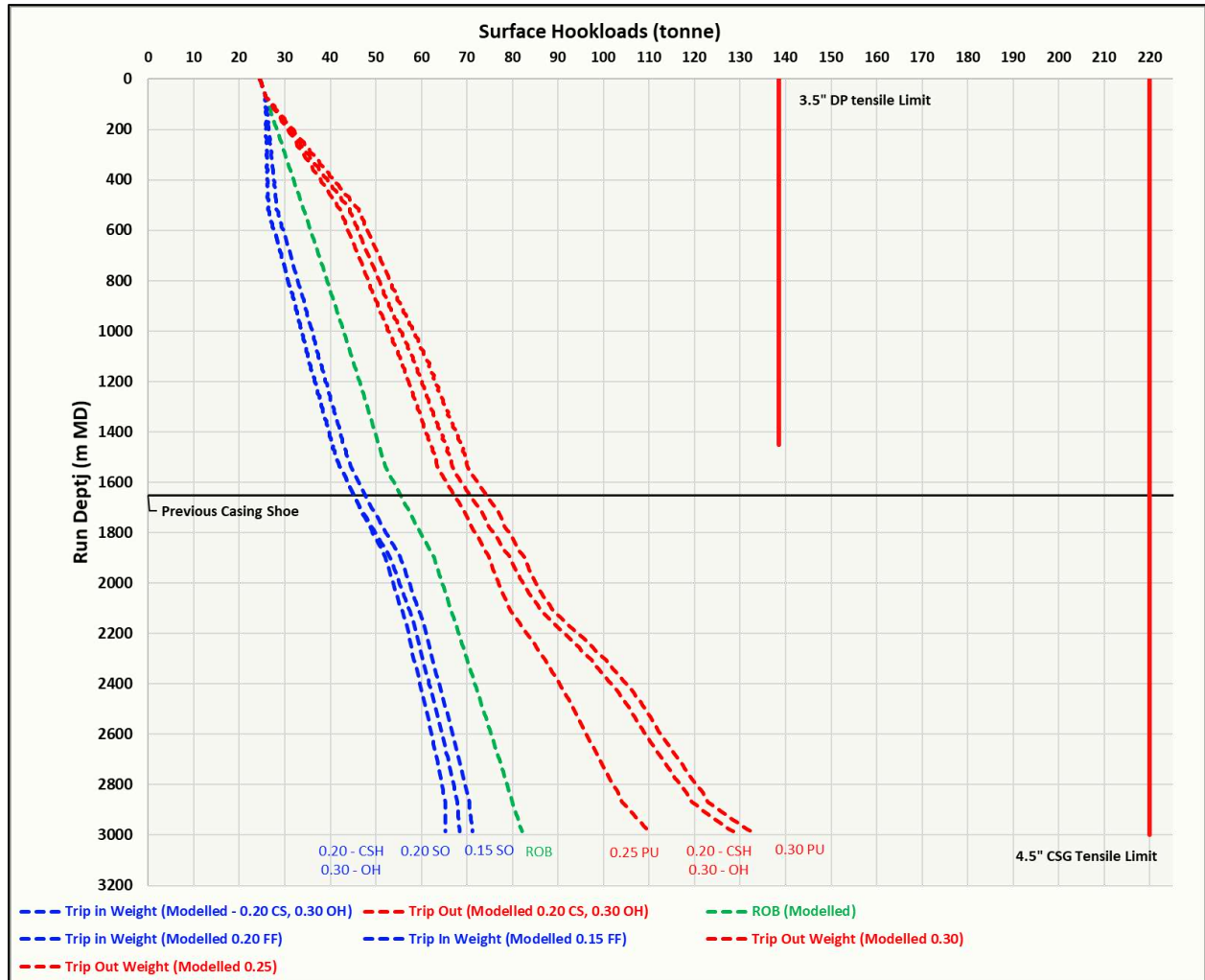


Figure 1 - Torque and Drag Loads with various Friction Factors.

Drilling engineers may spend a couple of days on running those sensitivities and combining them in a single place. The range of friction factors usually depends on the field, length of the casing string, hole size, well trajectory, casing size and restrictions in the wellbore, and many other factors. The friction factors are also varied for open hole and cased hole. For complex operations, they are much more complicated to analyze because they depend on various other factors, including temperature, asperities between the surface, type of materials, sliding speed, and rolling speed in case of an object rotating relative to another. Also, the real unknown is the measurement of the hookload at the surface (Samuel, Friction factors: What are they for torque, drag, vibration, bottom hole assembly and transient surge/swab analyses?, 2010).

The sensitivity analysis results for casing running operations gives the sense of surface hookloads expectations and the range where the casing running weights may be expected (John & David , 2013). The usual range for the casing running friction factors are within 0.15 to 0.30. However, in extreme conditions, they may be well over 0.45 as well (Rabbat, 1985).

Once the casing running operations are completed, the drilling engineers collect the mud logging outputs with all the real-time data from the rig and analyse the casing running loads (Samuel & Jamal, Drilling Engineering, 2007). They match the tripping in, tripping out, tripping in or out with and without rotation weights reading from the mud logging system and check them against the mode outputs. This process helps drilling engineers and well planners to check the friction factors and calibrate their models for the future well planning activities

MATERIAL VƏ METODLAR (Methods)

The main concept of the tools lies on machine learning (ML) techniques and combination of ML techniques with torque and drag simulations. Machine learning techniques were analysed to determine liner running forces from the real-time data sets from mud-logger system and then to calibrate it for optimum selection of friction factors for the next well delivery.

The main problem was running liner to required depth. It may sound easy, yet due to long open hole section, covering multiple layers, requirement to isolate high pressure ramp and depleted reservoirs in a single section, as well as high dog-leg severity across casing exit, exacerbated the situation in almost each well. As the 4 ½" liner length was approximately in range of 1200 – 1700 m, extensive engineering calculations were required to be done in well planning stage.

ƏLDƏ OLUNAN NƏTİCƏLƏR (Results)

The engineering solution was created and tested against the multiple well data sets. The models are trained using a variety of machine learning algorithms using mud logger data from the Leuza 2 program. The suggested approach offers precise friction factors and its calibration for torque and drag software in addition to help with drag force in well planning. Of all the methods examined, Random Forest turns out to be the best option because it performs better in terms of accuracy and computing efficiency. This study fills a significant gap in the field by providing a workable solution for improved operational planning in non-traditional wellbore circumstances.

This project's main goal is to create and evaluate a predictive model for casing running drag values. With the use of machine learning techniques and mud logger data from the Leuza 2 program, the model aims to improve well delivery and well integrity by calibrating FFs for well planning. This model can be used in practice to provide accurate friction factors for torque and drag software as well as real-time monitoring. With an emphasis on efficiency, accuracy, and computational effectiveness, the project seeks to enhance operational planning in unconventional wellbore situations, ultimately advancing drilling technologies.

To create a predictive model for liner running drag values, this research makes use of mud logger data from the Leuza 2 software. Basically, from Leuza data and considering liner running procedures, it is manually challenging to obtain optimum running loads and get exact running loads throughout the wellbore. Therefore, this model was created. Furthermore, the research data is obtained from real-time drilling parameters using a variety of supervised machine-learning

algorithms, including linear and non-linear models. The Random Forest approach is preferred in a comparative study due to its higher accuracy and computational efficiency. The correctness of the model is evaluated through the use of the Root Mean Square Error (RMSE). The model's final use will enable real-time drag force monitoring, exact friction factor provision for torque and drag software, and operational planning optimization in non-standard wellbore circumstances.

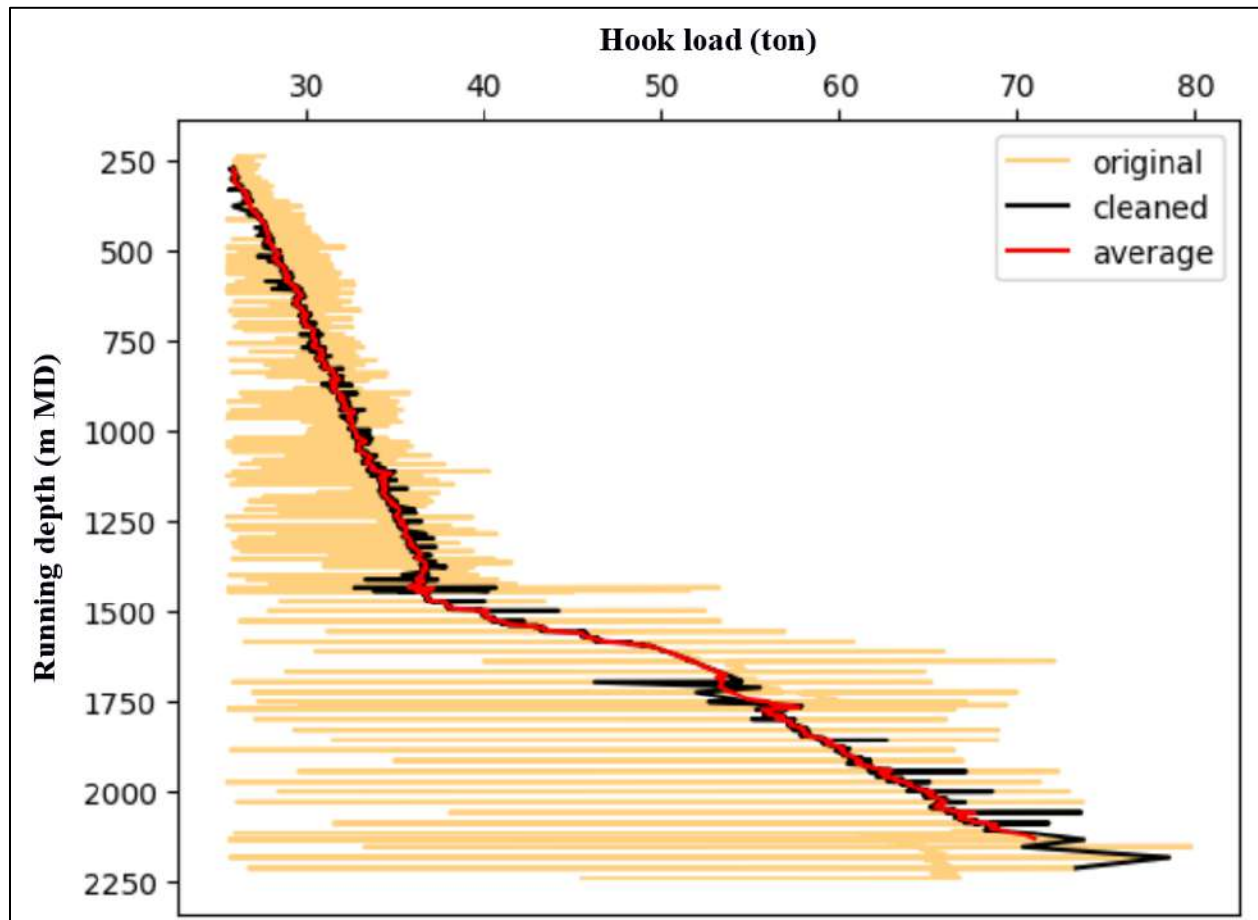


Figure 2 - Determined running loads of liner.

Optimum friction factors were obtained by using ML techniques from the very first well and these data were implemented into the next well campaign to improve the well centralization plan which allowed for to enhancement of cement bond long and zonal isolation.

During the execution, this tool was quite crucial for keeping an eye on drag forces when deploying a 4.5" liner in difficult and tight wellbore conditions.

This result was initially checked manually with drillers running loads and was confirmed to be correct.

MÜZAKİRƏ (Discussion)

In conclusion, this study successfully establishes the Random Forest algorithm as an optimal solution for predicting liner running drag values in slim-hole sidetrack operations, achieving a remarkable average R-squared of 0.90. The practical viability of the developed model in real-time drag force monitoring, coupled with its ability to provide accurate friction factors, underscores its significance for operational planning in unconventional wellbore scenarios. These findings contribute to advancements in drilling technologies, offering a reliable tool for optimizing efficiency and precision in predicting and managing liner running drag values.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

John , M., & David , W. (2013). A Work Method to Analyzing Friction Factors in Torque and Drag Modeling. SPE Unconventional Resources Conference Canada.

doi:<https://doi.org/10.2118/167172-MS>

Leonid , B., George , C., & Fred , A. (2001). Petroleum Geology of the South Caspian Basin. (E. Inc, Ed.) Gulf Professional Publishing. doi:2001

Rabbat. (1985). Friction Coefficient of Steel on Concrete or Grout. Journal of Structural Engineering 111, 505–515. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(1985\)111:3\(505\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1985)111:3(505))

Samuel, R. (2010, September). Friction factors: What are they for torque, drag, vibration, bottom hole assembly and transient surge/swab analyses? Journal of Petroleum Science and Engineering, Volume 73 (3-4), 258-266. doi:<https://doi.org/10.1016/j.petrol.2010.07.007>

Samuel, R. (February 2010). Friction Factors: What are They for Torque, Drag, Vibration, Bottom Hole Assembly and Transient Surge/Swab Analyses? IADC/SPE Drilling Conference and Exhibition. doi:<https://doi.org/10.2118/128059-MS>

Samuel, R., & Jamal, A. (2007). Drilling Engineering. PennWell Corp. doi:ISBN-13 : 978-1593700720

FROST RISK, IRRIGATION AND FERTILIZATION OPTIMIZATION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE SUPPORTED AGRICULTURAL SYSTEMS

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17538040>

Köksal GÜNDOĞDU¹

scholar@koxsalgundogdu.com

ORCID Kimliği: 0000-0001-7694-1841

Ali ÇALHAN²

alicalhan@duzce.edu.tr

ORCID Kimliği: 0000-0002-5798-3103

Murtaza Cicioğlu³

murtazacicioglu@uludag.edu.tr

ORCID Kimliği: 0000-0002-5657-7402

¹ *Electrical, Electronic and Computer Engineering, Düzce University, Düzce, TÜRKİYE*

² *Computer Engineering, Düzce University, Düzce, TÜRKİYE*

³ *Computer Engineering, Bursa Uludağ University, Bursa, TÜRKİYE*

ABSTRACT

The ever-increasing world population, inefficient use of limited resources, and the adverse effects of changing living conditions cause the need for food to increase daily. Traditional agricultural methods cannot provide sufficient yields under different environmental conditions and land structures, which reveals the need for more effective approaches in agriculture. With the development of sensor technologies, satellite systems, and artificial intelligence-supported software, precision agriculture applications have gained significant momentum in recent years. This study presents the design of an electronic card developed to optimize the processes of fertilization and irrigation, and protect against the risk of agricultural frost in agricultural areas. The designed system collects data such as soil moisture, temperature, atmospheric pressure, ambient temperature, and humidity, analyzes them with an artificial intelligence algorithm, and accordingly provides frost prevention, water, and fertilizer optimization.

The proposed system predicts frost in advance and prevents the negative effects of frost by activating fogging and heating mechanisms. It also performs humidity optimization to prevent negative effects such as microorganism spread, decay, photosynthesis reduction, and pest increase due to air humidity in the agricultural land. In this context, the study offers an integrated precision agriculture solution supported by artificial intelligence to increase agricultural productivity and ensure the sustainability of natural resources.

Key Words: Artificial intelligence in agriculture, precision agriculture practice, decision tree algorithm, smart agriculture

I. INTRODUCTION

The rapid increase in the world population, the inadequate use of our resources, and the negative effects of the changing life structure are among the main problems that humanity must solve. These problems lead to an increase in the need for food. When we cannot use our resources effectively, mankind will face the risk of starvation soon. With the development of technology and especially artificial intelligence in recent years, it is possible to optimize food production. Many organizations and governments have recently carried out serious studies in this field. Today, although traditional agricultural systems and technologies contribute to food production, their contribution to productivity is less than expected due to the structure of the land or the differences in crops in agricultural areas. To increase productivity in agriculture, the concept of Precision Agriculture was first discussed in the late 1980s in the USA, Canada, and some European countries, but it remained only as a concept due to the insufficient development of technology in those years [1-3]. With the development of sensors, satellite technology, data processing capacities in the mid-2000s, and the development of drones, smartphones, and artificial intelligence-supported software after 2010, precision agriculture ceased to be a concept and started to turn into projects used in the field of agriculture [4-6]. The fact that Artificial Intelligence data processing capacity reached its peak after 2020, compared to previous years, has increased the role and effectiveness of Artificial Intelligence in Precision Agriculture applications [1]. Various studies have been carried out to eliminate the most basic problems in agriculture with technology. It has been observed that the PH and mineral structure of the soil change due to unnecessary fertilization [7, 8]. Due to unnecessary irrigation, problems such as water loss up to 50%, energy consumption, rotting of plant roots, and fungal growth have been encountered [9, 10]. In addition, crop losses have occurred due to incorrect detection of agricultural frost [11-13]. All these are the main factors that reduce yields in agriculture. In addition, the spread of microorganisms due to air humidity, decrease in photosynthesis, excessive water intake by the plant, rot and mold, lack of oxygen, and increase in pests due to humidity cause crop losses in agricultural lands [14,15]. It has been

observed in the literature that there are various precision agriculture and artificial intelligence applications to optimize irrigation, fertilization, and agricultural frost events. These applications aim to optimize irrigation and fertilization and to predict agricultural frost. In these applications, the application of irrigation with timing is highly preferred, while for fertilization and agricultural frost, fertilizer application by informing farmers or systems to combat agricultural frost is widely used [16-25]. Depending on the condition of the land, complex environmental conditions, and changing plant species, measurement results are evaluated independently of the land. In addition, various deficiencies are encountered depending on the results, such as obtaining agricultural land information from satellite [12, 13]. It has been observed that the moisture and atmospheric pressure parameters on the land are not taken into account while producing solutions.

In this study, an electronic card design has been realized for the acquisition of precision agricultural measurement results and their evaluation with an artificial intelligence algorithm. With this card, atmospheric pressure, soil moisture, soil temperature, ambient humidity, and ambient temperature data are taken from the agricultural land as input. Fertilizer and water optimization is provided according to the ambient conditions, with the water tank and fertilizer tank, and fertilization and irrigation are made according to the needs of the land. In addition, the heating and fogging engine connected to the system helps protect the land from frost. The system uses an artificial intelligence algorithm to trigger fogging and heating actions before and during frost conditions, based on measurement results. The humidity optimization is carried out to prevent the spread of microorganisms caused by air humidity, decrease in photosynthesis, excessive water intake by the plant, rot and mold, lack of oxygen, and increase in harmful insects due to humidity.

II.SYSTEM DESIGN

A. SYSTEM OVERVIEW

As can be seen in Figure 1, the system is designed in three modules. The first part is the “Input” module, where the measurement results are taken from the agricultural land. The second part is the “Data Processing” module, where the measurement results in the Input section are evaluated with an artificial intelligence algorithm, and results are generated. The third part is the “Output” module, where the results produced in the Data Processing are put into practice.

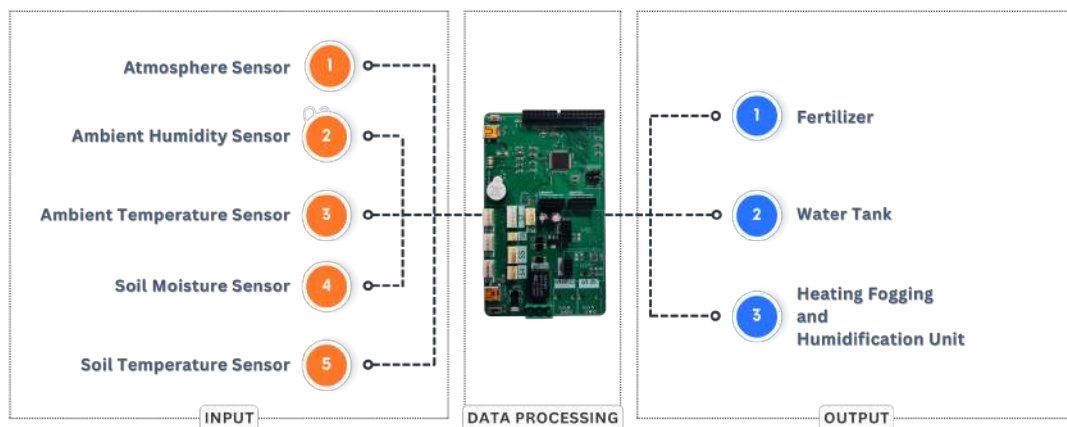


Figure 1. Block Diagram of the Designed System

The Input Module contains the atmosphere sensor, ambient humidity sensor, ambient temperature sensor, soil humidity sensor, and soil temperature sensor. The Data Processing Module runs the decision tree algorithm, which is one of the artificial intelligence algorithms, and produces results.

The Output Module is where the information from the Input Module is processed by the Data Processing Module and then put into action. It includes a fertilizer and water tank, which is controlled by the Data Processing Module to optimize fertilization and irrigation. It also features a system with a heater, humidifier, and fogging unit to optimize protection against agricultural frost and maintain proper ambient humidity levels.

B. INPUT UNIT

The Input Unit contains an atmosphere sensor, an ambient humidity sensor, an ambient temperature sensor, a soil humidity sensor, and a soil temperature sensor. Atmosphere sensor is a sensor that can measure from -500m depth to 9000m altitude, according to sea level. This sensor can operate between -40°C and +85°C temperature levels. Thanks to the sensor, the atmospheric pressure of the agricultural land is measured. The soil temperature sensor can measure soil temperature between -55°C and +125°C. It works according to $\pm 0.5^\circ\text{C}$ degree of accuracy. The soil moisture sensor operates with 10-bit sensitivity. It has an operating current of approximately 20mA. It works according to the principle of electrical conductivity between two probes planted in the soil. If the soil is moist, conductivity increases; if the soil is dry, conductivity decreases. The ambient temperature sensor can measure ambient temperature between -40°C and +80°C. It works according to $\pm 0.5^\circ\text{C}$ accuracy. The ambient humidity sensor works within the range of 0% ~ 100% RH. It has $\pm 1\%$ RH humidity sensitivity.

C. DATA PROCESSING UNIT

In the Data Processing Unit, as can be seen in Figure 2, there is an ATMEGA32U4 microcontroller. There is a Mini USB on the card for programming, and special socket inputs for the sensors. It has a Buzzer and SMD LEDs on it to give a warning. The microcontroller works as an 8-bit. It has a 16MHz operating frequency, 32KB of flash memory, 2.5KB SRAM, 1KB EEPROM, 7 PWM outputs, 26 digital I/O, UART, I2C (TWI), and SPI communication interfaces [26]. The decision-making mechanism uses the decision tree structure, which is one of the artificial intelligence algorithms.



Figure 2. The Designed Electronic Board

D. OUTPUT UNIT

In the Output Unit, there are fertilization and water tanks. There are also electronic valves to control them. As a result of soil analysis, the fertilizers that should be given to the agricultural land are added to the fertilizing tank in diluted form. The system is controlled by the

microcontroller inside, and the liquid fertilizers are given to the drip irrigation system in a controlled manner. In this way, fertilization optimization of the soil is ensured. According to the moisture content of the soil and the decision tree algorithm inside the system, the water tank valves are opened in a controlled manner by the microcontroller, and irrigation optimization is achieved through the drip irrigation system.

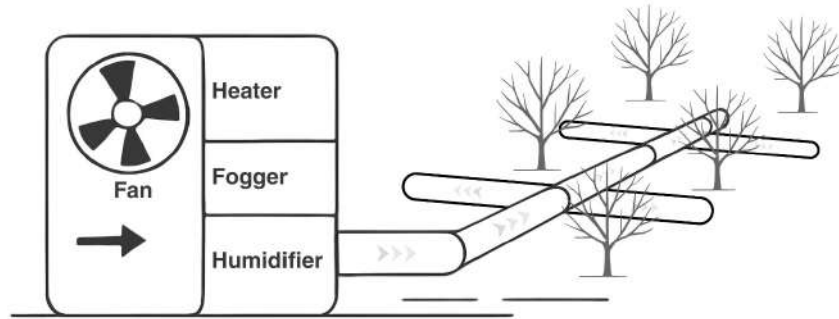


Figure 3. *The Designed Fan Motor System*

As can be seen in Figure 3, there is a fan system that includes a heater, humidification, and fogging unit to prevent agricultural frost events and to optimize ambient humidity. In this way, according to the results of the data evaluated in the data processing unit, the necessary heating, humidification, and fogging units to increase/decrease the humidity or to prevent agricultural frost are operated in a controlled manner and sent to the system with the help of the fan motor. In this way, agricultural frost or humidity optimization is provided.

III. FINDINGS AND DISCUSSION

The test system in Figure 4 was realized to test the system shown in Figure 1 in a real environment. After various trials were performed on this system, the operation of the system was observed, and the results were obtained. Machine learning, a sub-branch of artificial intelligence, was used in our system. Decision tree algorithm is preferred among machine learning algorithms. Since our system has an 8-bit microcontroller, the decision tree algorithm makes very fast predictions in real-time applications outside the training process on these processors. Studies on the performance and optimization of decision trees in embedded systems show that trees with a depth of 12 can run with latencies less than 50 ns [38]. In agriculture, the process of improvements and interventions to minimize negative impacts is called optimization[39]. For this reason, we preferred to use optimization titles in the content.

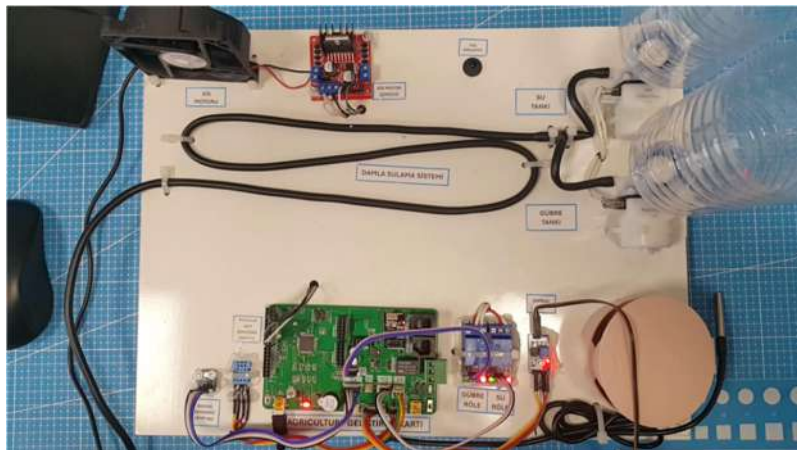


Figure 4. *Physical Form of the System*

A. AGRICULTURAL FROST OPTIMIZATION

In the literature, soil temperature and ambient temperature parameters are mainly used in studies on agricultural frost. It has been observed that soil moisture parameter, ambient humidity parameter, and especially atmospheric pressure parameter, due to soil irrigation and other reasons, have not been used [16-25]. In our study, it is seen that effective results are obtained when we measure these parameters and subject them to a decision tree structure. Decision trees are widely used in classification and prediction problems, especially in data mining and machine learning. This method branches the data according to certain characteristics and presents a class label or prediction value at each leaf node. In this way, effective analysis can be performed on large data sets and meaningful results can be obtained [27].

$$f(x) = \begin{cases} y^1, & \text{if } x^1 \leq t^1 \wedge x^2 > t^2 \\ y^2, & \text{if } x^1 \leq t^1 \wedge x^2 \leq t^2 \\ y^3, & \text{if } x^1 > t^1 \end{cases} \quad (1)$$

In equation (1):

- $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$: Input vector (e.g. sensor data)
- x_i : i. property (e.g x_1 = soil moisture, x_2 = air temperature)
- t_i : i. node threshold value
- y_j : class/action (e.g., “Turn on Fan”, “Turn on Fog Motor”)

Atmospheric pressure is also an important concept in agricultural frost. The freezing point of water is accepted as 0°C at 1 atm pressure. As the atmospheric pressure changes, the freezing point changes. This change is explained by the Clausius-Clapeyron Equation [28].

$$\frac{dT}{dP} = \frac{T\Delta V}{\Delta H_f} \quad (2)$$

In equation (2):

- $\frac{dT}{dP}$: Derivative of freezing point change for pressure
- ΔV : Volume change during phase transition
- ΔH_f : Melting (fusion) enthalpy
- T : Absolute temperature (Kelvin)

According to this equation, when the pressure decreases, the formation temperature (freezing point) of ice decreases.

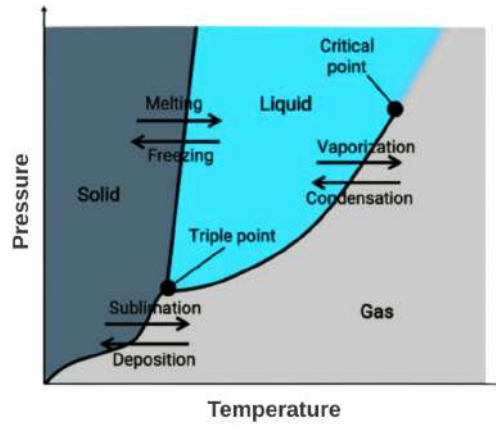


Figure 5. Phase diagram of pure water between pressure and temperature

The relationship between atmospheric pressure and freezing temperature can be seen in the phase diagram between pressure and temperature for pure water, shown in Figure 5. As can be seen in Equation (2) and Figure 5, the formation temperature of ice decreases when the pressure decreases.

$$f(x) = \begin{cases} M_{heat}, & \text{if } T_{soil} \leq 0 \\ M_{fog}, & \text{if } T_{air} \leq 0 \\ M_{heat}, & \text{if } \Delta P_{atm} < 0 \\ M_{heat}, & \text{if } RH_{air} \geq 80\% \wedge \frac{dT_{air}}{dt} < 0 \\ M_{heat}, & \text{if } T_{soil} \rightarrow 0 \wedge |T_{soil} - T_{air}| \gg 0 \\ M_{fog}, & \text{if } T_{air} \rightarrow 0 \wedge |T_{air} - T_{soil}| \gg 0 \\ M_{heat}, & \text{if } T_{air} \text{ low} \wedge RH_{air} \text{ high} \\ \text{No Action}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

In equation (3):

- T_{soil} : Soil temperature (°C)
- T_{air} : Air temperature (°C)
- RH_{air} : Air humidity (% relative humidity)
- P_{atm} : Atmospheric pressure
- ΔP_{atm} : Sudden change in atmospheric pressure (derivative)
- M_{heat} : Heater motor active
- M_{fog} : Fogging motor active

The decision tree structure in Equation (3) is executed in the data processing unit. In this way, agricultural frost prevention optimization works successfully by using soil temperature, air temperature, atmospheric pressure, and air humidity data obtained from the input unit.

B. AIR HUMIDITY OPTIMIZATION

In the literature, it is seen that the spread of microorganisms, a decrease in photosynthesis, excessive water intake by the plant, rot and mold, lack of oxygen, and an increase in pests due to humidity caused by air humidity [29]. In other words, ambient humidity in agriculture is also an important parameter that contributes to productivity. To prevent the negative effects of humidity, humidity optimization is carried out. The measurement results are applied to the decision tree algorithm as shown in equation (1). The decision tree algorithm for the applied data is shown in equation (4).

$$f_{humidity}(RH_{air}, T_{air}) = \begin{cases} M_{heat}, & \text{if } RH_{air} \geq 80\% \wedge T_{air} < 5 \\ M_{fog}, & \text{if } RH_{air} \geq 80\% \wedge T_{air} \leq 0 \\ M_{hu}, & \text{if } RH_{air} \leq 40\% \\ \text{No Action}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

- T_{air} : Air temperature (°C)
- RH_{air} : Air humidity (% relative humidity)
- $f_{humidit}(RH_{air}, T_{air})$: Decision function that determines action based on humidity and temperature inputs
- M_{heat} : Heater motor active
- M_{fog} : Fogging motor active
- M_{hu} : Humidification motor active

The ambient humidity optimization is achieved by running the decision tree algorithm in equation (4) in the data processing unit. In other words, the humidity value is kept under control within the desired value range. The RH_{air} value here may vary depending on the agricultural product to be grown. Information about this is given in Table 1[30].

Table 1. Recommended Ambient (Air) Humidity Values in Agricultural Production

Plant Type / Environment	Recommended Relative Humidity (%)	Explanation
Vegetables (tomatoes, peppers)	60–80	High humidity can increase fungal diseases, so caution should be exercised.
Fruit trees	50–70	Moisture control is important during the flowering period.
Cereals (wheat, barley)	40–60	Low humidity reduces the risk of disease.
Greenhouse environment	70–85	High humidity may be required in a controlled environment.

C. WATER OPTIMIZATION

Over-irrigation leads to inefficient use of resources. It also reduces productivity. While 50% water saving is achieved in controlled irrigation, it leads to efficient and economical use of energy resources. While unnecessary irrigation disrupts the PH and mineral balance of the soil, it also leads to root rotting of plants [31, 32]. Irrigation according to soil moisture level is an effective irrigation method. Recommended soil moisture ranges in agricultural lands are shown in Table 2[33, 34].

Table 2. Recommended Soil Moisture Ratios in Agricultural Lands

Plant Type	Recommended Soil Moisture Range (%)	Explanation
Vegetables (tomatoes, peppers, etc.)	60–80%	Constantly moist, but no puddles
Fruit trees	50–70%	Flowering and fruiting critical
Cereals (wheat, barley)	40–60%	Important during germination and sprouting
Legumes	40–60%	Excess water can cause root rot
Greenhouse plants	70–85%	Requires high humidity in controlled environment

The measurement results are applied to the decision tree algorithm as shown in equation (1). The decision tree algorithm for the applied data is shown in equation (5).

$$f_{soil}(\theta) = \begin{cases} M_{irrigate}, & \text{if } \theta < \theta_{min} \\ M_{stop}, & \text{if } \theta > \theta_{max} \\ No\ Action, & \text{if } \theta_{min} \leq \theta \leq \theta_{max} \end{cases} \quad (5)$$

- θ : Soil moisture content (%)
- θ_{min} : Minimum moisture threshold (For example, %30)
- θ_{max} : Maximum humidity threshold (For example, %70)
- $f_{soil}(\theta)$: Decision function
- $M_{irrigate}$: Irrigation engine in operation
- No Action: No action is taken
- M_{stop} : Irrigation is stopped

Soil moisture optimization is achieved by running the decision tree algorithm in equation (5) in the data processing unit. In other words, the soil moisture value is controlled within the desired value range.

D. FERTILIZATION OPTIMIZATION

While insufficient fertilization prevents the healthy growth of the plant, excessive fertilization can lead to negative factors such as soil pollution, burning of plant roots, and changes in soil mineral balances [35]. In our system, fertilization is done by the fertigation method, i.e., drip irrigation system. This method increases productivity by allowing plant nutrients to reach the root zone directly. The planning should be determined according to the method, plant type, development period, soil structure, and irrigation system [36, 37]. In our system, a decision tree structure algorithm is planned according to a 120-minute irrigation plan. This system is activated when fertilizer is applied to the agricultural land within a certain plan. The decision tree structure algorithm of the system is shown in equation (6).

$$f(t) = \begin{cases} M_{water} & , \text{ if } 0 \leq t \leq 15 \\ M_{fertilizer} & , \text{ if } 15 \leq t \leq 105 \\ M_{water} & , \text{ if } 105 \leq t \leq 120 \\ M_{stop} & , \text{ otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

- M_{water} : Irrigation motor active, fertilizer motor passive
- $M_{fertilizer}$: Irrigation passive, fertilizer engine active
- M_{stop} : The irrigation and fertilization engine is passive.

A sample plan for fertilization with the fertigation method in fertilization optimization is given in Table 3. An example fertigation table for tomato is also shown in Table 4. Fertigation optimization is achieved by running the decision tree algorithm in equation (6) in the data processing unit.

Table 3. Sample fertilization program of the system

Plant Development Period	Fertilization Frequency	Fertilization Period
Seedling Period	1-2 times a week	30–60 minutes
Vegetative Period	2-3 times a week	60–90 minutes
Fruit set	3-4 times a week	90–120 minutes
Before Harvest	1-2 times a week	30–60 minutes

Table 4. Example fertigation for tomato

Day	Fertilizer Type (Rate)	Irrigation Duration	Fertilization Period	Note
Monday	NPK 20-20-20 (%0.1)	120 minutes	90 minutes (15th to 105th minute)	Balanced development
Wednesday	Calcium Nitrate (%0.1)	120 minutes	90 minutes	Flowering and fruit set
Friday	NPK 15-30-15 (%0.1)	120 minutes	90 minutes	Phosphorus support, root development

IV.CONCLUSION

In this study, an artificial intelligence-supported precision agriculture system was designed to solve the main problems encountered in agricultural production. A machine learning based decision tree structure algorithm is used as the artificial intelligence algorithm. Through the developed electronic card, environmental data such as soil moisture, soil temperature, ambient temperature, ambient humidity, and atmospheric pressure are collected and given as input to the decision tree algorithm and integrated into the decision-making mechanism of the system. Early intervention mechanisms against agricultural frost events have been developed, and thus, it is aimed to prevent crop losses due to frost. In the detection of agricultural frost events, it provided an effective solution by processing the data taken according to the atmospheric pressure and geographical conditions of the agricultural land. In line with the measured data, water and fertilizer use are optimized, thus preventing waste of resources and protecting plant health. The ability of the system to optimize humidity against the spread of microorganisms, rot, and pest formation, depending on air humidity, provides a significant advantage in terms of agricultural productivity.

The findings reveal how effective artificial intelligence-supported systems can be in precision agriculture applications. This study has shown that a more efficient, sustainable, and environmentally friendly agricultural practice is possible compared to traditional methods. In future studies, it is aimed to further customize the system by different plant species and regional climatic conditions, develop different machine learning-based prediction models, and integrate farmer-friendly interfaces.

V. REFERENCES

- [1] A. Albanese, M. Nardello, and D. Brunelli, "Automated pest detection with DNN on the edge for precision agriculture," *IEEE J. Emerg. Sel. Topics Circuits Syst.*, vol. 11, no. 3, pp. 458–467, 2021.
- [2] U. Türker *et al.*, "Developments in precision agriculture technologies," in *Proc. 8th Turkish Agricultural Engineering Technical Congress*, Ankara, Turkey, 2015, pp. 295. (in Turkish)
- [3] M. Keskin, Y. E. Şekerli, S. M. Say, and A. Arslan, "Benefits achievable with precision agriculture technologies," *Turk. J. Agric.*, vol. 30, pp. 14–17, 2018. (in Turkish)
- [4] Y. A. Özcan, S. Sarraj, and A. İstanbullu, "Design and development of a precision agriculture application," *J. Sci. Technol. Eng. Res.*, vol. 1, no. 2, pp. 33–39, 2020.
- [5] A. Aydın *et al.*, "Determination of the level of use of precision livestock technology among farmers in Çanakkale," *J. Agric. Mach. Sci.*, vol. 16, no. 2, pp. 1–7, 2020. (in Turkish)
- [6] E. Y. Aslanoğlu, "Precision agriculture applications in plant protection," presented at the *9th National KOP Regional Development Symposium*, Konya, Turkey, 2022. (in Turkish)
- [7] Y. Wang *et al.*, "An evaluation of potato fertilization and the potential of farmers to reduce the amount of fertilizer used based on yield and nutrient requirements," *Agronomy*, Mar. 2024, doi: 10.3390/agronomy14030612.
- [8] Z. Ali *et al.*, "From fields to families: Understanding the health impacts of excessive soil fertilization," *J. Health Rehabil. Res.*, vol. 4, no. 2, pp. 990–995, 2024, doi: 10.61919/jhrr.v4i2.955.
- [9] T. Makkar, H. S. Rathore, and S. K. Dubey, "Dual mode self-controlled irrigation system for home," presented at the *Int. Conf. Signal Processing (ICSC)*, Mar. 2019, doi: 10.1109/ICSC45622.2019.8938263.
- [10] I. Serrano *et al.*, "Limiting overuse of water in agriculture by monitoring water content," doi: 10.18260/1-2--42187.
- [11] S. Huan *et al.*, "A review of methods and techniques for detecting frost on plant surfaces," *Agriculture*, vol. 11, no. 11, p. 1142, Nov. 2021, doi: 10.3390/agriculture11111142.
- [12] C. Talsma *et al.*, "Frost prediction using machine learning and deep neural network models," *Front. Artif. Intell.*, vol. 5, Jan. 2023, doi: 10.3389/frai.2022.963781.
- [13] M. Fuentes, C. Campos, and S. García-Loyola, "Application of artificial neural networks to frost detection in central Chile using the next day minimum air temperature forecast," *Chil. J. Agric. Res.*, vol. 78, no. 3, pp. 327–338, Sep. 2018, doi: 10.4067/S0718-58392018000300327.

- [14] H. Aydoğdu and M. Çakmak, "A study on soil and air microfungi in areas with different plants in Thrace Region," *Kahramanmaraş Sütçü İmam Univ. J. Agric. Nat.*, vol. 23, no. 3, pp. 733–739, 2020, doi: 10.18016/ksutarimdog.vi.640166. (in Turkish)
- [15] M. E. Küçük and H. Tunca, "Effects of climate change on agricultural products and insects," *Bursa Uludağ Univ. J. Fac. Agric.*, vol. 38, no. 2, pp. 535–564, 2024, doi: 10.20479/bursauludagziraat.1417075. (in Turkish)
- [16] R. Patibandla, B. T. Rao, and R. Malla, "Precision agriculture and AI," *Informa*, pp. 78–91, 2024, doi: 10.1201/9781003451648-7.
- [17] B. Debnath and S. Basu, "AI-powered precision agriculture: reshaping farming for efficiency, sustainability, and global impact," *Int. J. Agric. Sci.*, vol. 14, no. 2, pp. 63–66, Jan. 2023, doi: 10.53390/ijas.2023.14203.
- [18] A. O. Adewusi *et al.*, "AI in precision agriculture: A review of technologies for sustainable farming practices," *World J. Adv. Res. Rev.*, Jan. 2024, doi: 10.30574/wjarr.2024.21.1.0314.
- [19] A. Hoque and M. Padhiary, "Automation and AI in precision agriculture: Innovations for enhanced crop management and sustainability," *Asian J. Res. Comput. Sci.*, vol. 17, no. 10, pp. 95–109, Oct. 2024, doi: 10.9734/ajrcos/2024/v17i10512.
- [20] C. Ranjan *et al.*, "Precision agriculture," *Adv. Environ. Eng. Green Technol. Book Ser.*, pp. 175–212, Jan. 2025, doi: 10.4018/979-8-3693-7483-2.ch007.
- [21] D. Patil, "Artificial intelligence innovations in precision farming: Enhancing climate-resilient crop management," Jan. 2025, doi: 10.2139/ssrn.5057424.
- [22] K. Z. S. Bakri *et al.*, "Revolutionizing agriculture: Harnessing the power of artificial intelligence for sustainable farming practices," vol. 1, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.69942/1920184/20240101/01.
- [23] N. Gangwani, "AI-driven precision agriculture: Optimizing crop yield and resource efficiency," *Int. J. Multidiscip. Res.*, Nov. 2024, doi: 10.36948/ijfmr.2024.v06i06.29913.
- [24] M. Eissa, "Precision agriculture using artificial intelligence and robotics," doi: 10.5455/jrafs.20240404014009.
- [25] R. Basa, "AI in agriculture: Revolutionizing precision farming and sustainable crop management," *Int. J. Sci. Res. Comput. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 10, no. 5, pp. 535–543, Nov. 2024, doi: 10.32628/cseit241051040.
- [26] Microchip Technology Inc., *ATmega32U4: 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash*, Datasheet, Rev. 7766D–AVR–01/15, Jan. 2015.
- [27] M. A. Yıldız and A. A. Yıldız, "An application of decision tree algorithms in data mining on computer and internet security," *Int. J. Comput. Internet Secur.*, vol. 3, no. 2, pp. 45–52, 2015. (in Turkish)

- [28] S. A. Changnon and J. M. Changnon, "Uses and limitations of freezing-temperature forecasts for agriculture," *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, vol. 74, no. 3, pp. 439–448, Mar. 1993, doi: 10.1175/1520-0477.
- [29] M. Şahin, "Effects of relative humidity on plant development," *Yeni Ankara*, vol. 5, no. 3, pp. 45–52, 2024. (in Turkish)
- [30] N. İlten, A. T. Selici, and İ. Caner, "Relationship between indoor temperature and relative humidity parameters and socio-economic structure," *Balıkesir Univ. J. Inst. Sci. Technol.*, vol. 8, no. 2, pp. 56–64, 2006. (in Turkish)
- [31] O. Çelik, G. Tunç, and H. Kaman, "Effects of different irrigation regimes on plants," in *Proc. Int. Conf. Innovative Academic Studies (ICIAS)*, vol. 3, no. 1, pp. 267–270, 2023.
- [32] H. Kaman *et al.*, "Salt accumulation in the root zone of lettuce grown under deficit irrigation," *J. Tekirdağ Agric. Fac.*, vol. 18, no. 3, pp. 508–520, 2021.
- [33] M. Al-Kayssi, "Influence of soil moisture content on soil temperature and heat storage under greenhouse conditions," *Renew. Energy*, vol. 27, no. 3, pp. 333–345, Nov. 2002, doi: 10.1016/S0960-1481(01)00185-0.
- [34] R. Lal and B. A. Stewart, *Soil Water and Agronomic Productivity*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2012.
- [35] İ. Sönmez, M. Kaplan, and Ş. Sönmez, "Environmental effects of chemical fertilizers and solution proposals," *Derim*, vol. 25, no. 2, pp. 24–34, 2008. (in Turkish)
- [36] S. Eroğlu and M. K. Yıldırım, "Water-yield relationships of tomato plants under different fertigation techniques and water constraints," *J. Soil Water*, vol. 8, no. 2, pp. 1–10, 2019. (in Turkish)
- [37] M. K. Yıldırım and S. Eroğlu, "Yield and yield parameters of different pepper varieties grown by fertigation under greenhouse conditions," *J. Agric. Sci.*, vol. 29, no. 1, pp. 45–52, 2023. (in Turkish)
- [38] A. Krishnakumar, S. Talathi, and S. Annapureddy, "Performance analysis and optimization of decision tree classifiers on embedded devices," in *Proc. 2021 Int. Conf. Embedded Software*, 2021, pp. 1–10, doi: 10.1145/3477244.3477618.
- [39] J. Wang, X. Zhang, Y. Zhang, *et al.*, "Optimizing agronomic, environmental, health and economic performances in summer maize production through fertilizer nitrogen management strategies," *Plants*, vol. 12, no. 7, p. 1490, 2023, doi: 10.3390/plants12071490.

IoT AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE SUPPORTED SMART SYSTEM DESIGN TO INCREASE PRODUCTIVITY IN AGRICULTURE

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17538052>

Köksal GÜNDOĞDU¹

scholar@koksalgundogdu.com

ORCID Kimliği: 0000-0001-7694-1841

Ali ÇALHAN²

alicalhan@duzce.edu.tr

ORCID Kimliği: 0000-0002-5798-3103

Murtaza CİCİOĞLU³

murtazacicioglu@uludag.edu.tr

ORCID Kimliği: 0000-0002-5657-7402

¹Electrical, Electronic and Computer Engineering, Düzce University, Düzce, TÜRKİYE

²Computer Engineering, Düzce University, Düzce, TÜRKİYE

³Computer Engineering, Bursa Uludağ University, Bursa, TÜRKİYE

ABSTRACT

The agricultural sector is increasing its strategic importance daily due to the increasing population worldwide and the decreasing labor force in rural areas. In today's world, where the demand for basic resources such as food, water, and energy is rapidly increasing, the inadequacy of traditional agricultural methods has made it necessary to use new technologies effectively in agriculture. Therefore, concepts such as Agriculture 4.0, artificial intelligence, Internet of Things (IoT), sensor technologies, and digital transformation have become the main tools to increase productivity in agricultural production and prevent resource waste.

This study developed a user-friendly, low-cost, modular IoT-based system that does not require technical knowledge to address the problems encountered in agriculture. The system includes a multi-sensor structure that can measure environmental variables such as soil moisture, air temperature, humidity, gas concentration, wind speed, and direction, and it provides real-time monitoring and analysis by transferring these data to cloud-based servers. Processing the data obtained with artificial intelligence-supported algorithms enables applications such as an integrated smart agricultural station, climate control in the greenhouse, and a plant health monitor. The system has a flexible structure that agricultural engineers, agricultural organizations, and farmers can adapt to their needs. In addition, it is designed with the “plug-and-play” principle so that non-technical users can easily install and use the system. Digital training materials encourage users to develop their applications on the system. This solution aims to eliminate barriers to digitalization in agriculture, such as complexity, high cost, and the need for expertise, and it offers a practical, accessible, and scalable path to sustainable agriculture.

Key Words: Agriculture 4.0, Artificial Intelligence, Internet of Things, Digital Transformation, Smart Agriculture System

I. INTRODUCTION

Agriculture is of critical importance in the world. In other words, it is a strategic product [1]. The European Commission has emphasized the importance of Agriculture and prepared various strategic plans. There are approximately 9.5 million farmers and 10.8 million holding-level agricultural companies in Europe [2]. As can be seen in Figure 1, the share of agricultural employment is 17.7% in Türkiye [3].

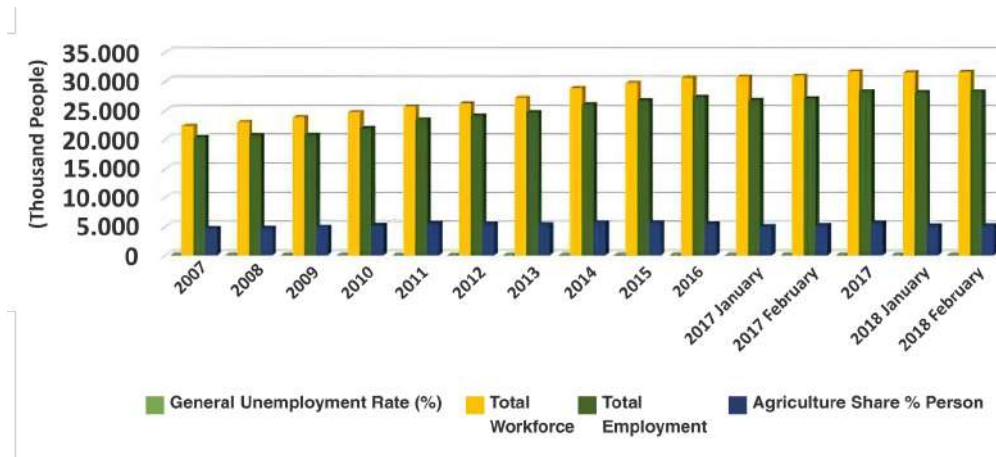


Figure 1. Turkish Statistical Institute 2018 Labor Force and Employment Table [3]

While the world population is increasing, the number of people engaged in agriculture is decreasing. For this reason, Agriculture 4.0 and the use of technology in agriculture have become inevitable. While technology increases productivity in agriculture, it also reduces the required labor force [4-13]. In the coming years, fewer resources for a growing world will exist. However, it will be necessary to produce more food, feed, fuel, and fiber. Smart agriculture and digitalization in agriculture will be the most important factor in overcoming these challenges [14]. Realizing these situations globally, countries have invested heavily in smart agriculture and IOT applications [5]. The European Investment Bank has allocated 32 billion euros more to smart agriculture between 2014 and 2018 [15]. The United Kingdom allocates a budget of 4.7 billion pounds for applications that will be realized as Agriculture 4.0, artificial intelligence, and precision agriculture [16]. It is predicted that the world population will exceed 9 billion by 2050, and the urbanization rate will increase to 70% [7, 17]. If we do not use the resources we have effectively, the world will inevitably face hunger soon. While the share of agricultural land in total land in the world is 38%, Türkiye is in a lucky position with 51% [18]. However, unconscious agriculture leads to a decrease in the productivity of our agricultural lands and even to the destruction of agricultural lands. Excessive irrigation causes the soil pores to be filled and the soil to be airless. It destroys minerals useful for the soil on sloping lands. It also causes plant roots to rot. Pump irrigation causes water loss up to 50% and unnecessary energy consumption [18, 19]. Unnecessary and untimely spraying causes excessive damage to plants and soil by creating pesticide residues. Unnecessary fertilization makes the soil inefficient financially and changes the mineral and PH balances of the soil. One of the most common problems is agricultural frost. The main cause of frost is the cooling of the soil surface as a result of the loss of energy from the soil by ground radiation in cloudless, clear, dry air. A frost event can cause large harvest records for the farmers [20]. Although digitalization is quite common in agriculture, it is seen that these systems, which have a standard structure today, have very low yield rates in some cases, or even reduce productivity, depending on the land conditions or the product in the agricultural area. Challenges such as the complexity of digitalization, high costs, electronic information requirements, and lack of skills are among the obstacles to the use of this technology [4-9]. In this study, a set has been developed to enable agricultural engineers, authorized institutions in the field of agriculture, or farmers to produce their solutions to the problems in agricultural lands. With this set, people working in the field of agriculture can easily read the sensors on the device and write the results to the cloud server. They will be able to produce solutions by evaluating the written results themselves or with authorized organizations. The system is as simple as a child assembling Legos and can be used without requiring electronic knowledge. In other words, it does not contain technical complexity. It can be used with plug-and-play logic. In addition, digital course content has been created for users who want to improve themselves and make different artificial intelligence-based applications on the set. In this way, users in the field of agriculture will be able to create their own IOT systems and create smart agricultural systems suitable for their lands.

II.SYSTEM DESIGN

A. SYSTEM OVERVIEW

As seen in Figure 2, our system consists of four main parts. The first part is the “Measurement Unit”, where the measurement results are taken using sensors in the agricultural land. The second part is the “Evaluation and Management Unit”, where the measurement results are evaluated and the evaluation results are transferred to the wireless communication unit and written to the database. The third part is the “Wireless

Communication Unit” that enables the system to be used as an IOT device and to transmit data wirelessly. The fourth part is the “Database and User Interface”, which contains the database in which the data is stored, and the data in the database is displayed to the user via the Web and mobile devices.

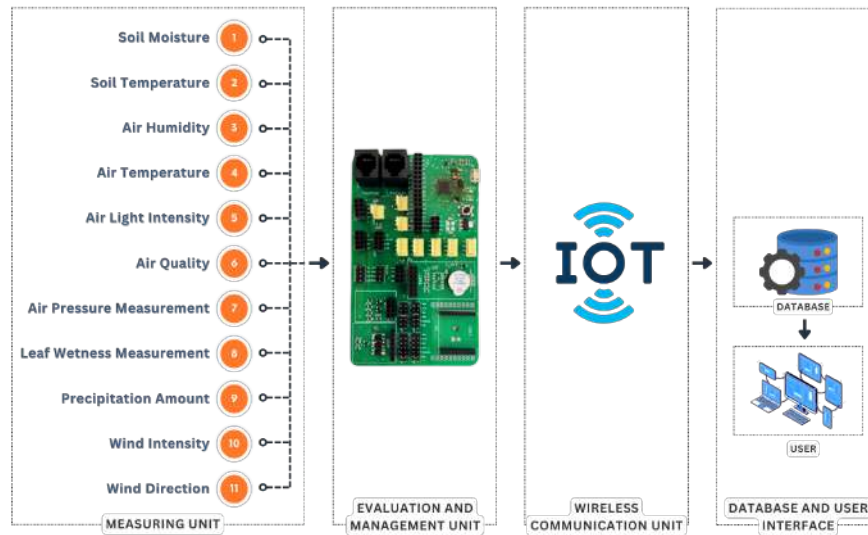


Figure 2. Block Diagram of the Designed System

B. MEASUREMENT UNIT

The Measurement Unit has the sensors for the values needed in the agricultural field, and the values that need to be measured are located. It contains sensors for Soil Moisture Measurement, Soil Temperature Measurement, Ambient Moisture Measurement, Ambient Temperature Measurement, Ambient Light Amount Measurement, Air Quality Measurement, Air Pressure Measurement, Wetness Measurement (for leaves, trees, or similar objects), Rainfall measurement, Wind intensity measurement, and Wind direction measurement. The probe for the air quality sensor is shown in Figure 3.



Figure 3. Air Quality Sensor Probe

As can be seen in Figure 3, the sensors are easy to use and plug-and-play. It does not require any technical knowledge and is designed for agricultural land. Atmosphere Sensor is a sensor that can measure from a depth of -500m to 9000m above sea level. This sensor can operate between -40°C and +85°C temperature levels. Thanks to the sensor, the atmospheric pressure of the agricultural land is measured. Soil Temperature Sensor can measure soil temperature between -55°C and +125°C. It works according to $\pm 0.5^\circ\text{C}$ degree of accuracy. The Soil Moisture Sensor operates with 16-bit sensitivity. It has an operating current of approximately 20mA. It works according to the principle of electrical conductivity between two probes planted in the soil. If the soil is moist, conductivity increases; if the soil is dry, conductivity

decreases. The Ambient Temperature Sensor can measure ambient temperature between -40°C and +80°C. It works according to $\pm 0.5^\circ\text{C}$ accuracy. The Ambient Humidity Sensor works according to a 0% ~ 100% RH range. It has $\pm 1\%$ RH humidity sensitivity. The Ambient Light Amount Measurement Sensor is 540 nanometers in wavelength. The air quality measurement sensor is 10-100 ppm. Precipitation amount, wind intensity, and wind direction sensors can produce accurate measurement results between -40°C and +80°C.

C. EVALUATION AND MANAGEMENT UNIT

Evaluation and Management Unit; as can be seen in Figure 4, there is an RP2040 microcontroller inside. It contains a dual-core ARM Cortex M0+ 133 MHZ processor. It has 264KB SRAM and 2MB on-board memory. It has low power consumption. It has 26 GPIO units, 2xSPI, 2xI2C, 2xUART, 3x12-bit ADC, and 16x controllable PWM channels. It includes an internal temperature sensor, a timer, and a clock module [21]. There is a Micro USB on the board to program the board. It has a Buzzer and SMD LEDs on it to give warnings. There are special socket inputs for sensor connections. There are special sockets to connect wireless communication units.



Figure 4. Evaluation and Management Unit

D. WIRELESS COMMUNICATION UNIT

The Wireless Communication Unit provides pins for the Wifi, GSM module, ZigBee, LoRa, and Bluetooth modules. There are sockets in the Evaluation and Management Unit where these modules are connected. The default wireless communication method of the set is wireless data transfer with a GSM module. A visual of the wireless communication units used on the board is shown in Figure 5.

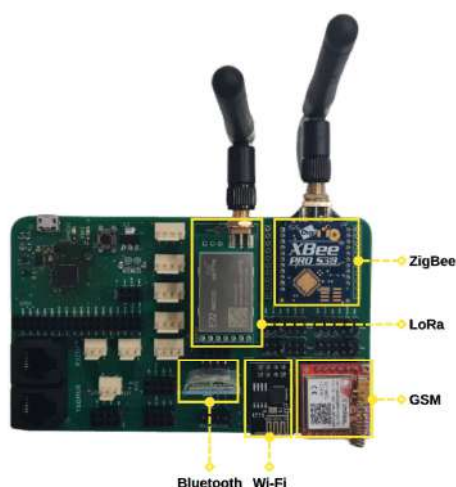


Figure 5. Wireless Communication Units

E. DATABASE AND USER INTERFACE

A Linux-based database was created for the system, and database operations were performed with MYSQL. IOT data is written to the database in this way. The data received from the database is displayed to the user as in Figure 6.



Figure 6. User Interface

The user interface is built using PHP, HTML, MYSQL, and JavaScript. Mobile compatibility is provided with the Bootstrap method. In this way, it can be used on both web and mobile devices.

III. FINDINGS AND DISCUSSION

A. PLUG AND PLAY OPERATION

Figure 7 shows the system in use on agricultural land. As can be seen, it is sufficient to place our system on the agricultural land to be measured. Then, the data is written to the database in the cloud server as soon as we energize it. The measurement results are sent at one-minute intervals.



Figure 7. Physical State of the System

When we plug the sensors of the values to be measured into the sockets shown in Figure 8, the sensor starts to work and automatically sends the measurement results to the cloud server. In this way, it is enough to energize the system after connecting the sensors whose values we want to observe and evaluate. For example, if we want to measure and observe Air Quality, we should connect the sensor S5 shown in Figure 3 to the S5 socket shown in Figure 8. Then, when we energize the system, the measurement results are automatically sent to the cloud server.



Figure 8. Connection Sockets

B. POWER CALCULATION

The system shown in Figure 7 is a green energy system [22]. The power from the solar panel is stored in a battery. The system is fed with power from the battery, and a green energy system cycle is created. The block diagram of the system is shown in Figure 9.

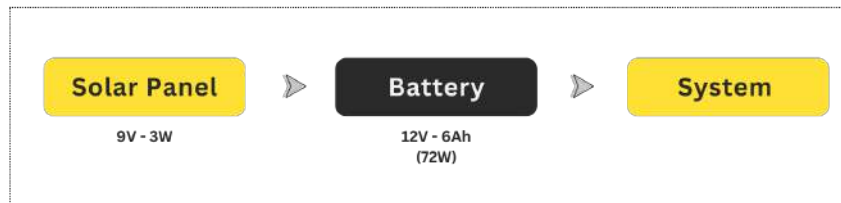


Figure 9. Power Block Diagram of the System

The power calculation based on the current and voltage values of the system is as follows.

$$\text{Solar\_Panel\_Produced\_Power} = \text{VoltageValue} * \text{CurrentValue} = 9V * 0,033A \approx 3W \quad (1)$$

$$\text{Battery\_Power} = 12V * 6A = 72W \quad (2)$$

Table 1. Calculation of Maximum Power Consumed by the System

Power Consuming Unit	Amount of Power Consumed (P=V*A)	Amount of Power Consumed (W)
Soil Moisture Sensor	5V*20mA=100mW	0.1W
Soil Temperature Sensor	5V*1.5mA=7.5mW	0.0075W
Air Moisture Sensor	5V*0.5mA=2.5mW	0.0025W
Air Temperature Sensor		
Ambient Light Amount Sensor	Daytime(1K Ω) I=5V/(1 K Ω +10 K Ω)=2.25mW Night(1M Ω) I=5V/(1 M Ω +10 K Ω)=4.95 μ W	0.00225W
Air Quality Sensor	5V*0.16A=0.8W	0.8W
Air Pressure Sensor	3.3V*0.000012A=0.0396mW	0.0000396W
Leaf Wetness Sensor	5V*20mA=100mW	0.1W
Precipitation Amount Sensor	5V*0.2mA=1mW	0.001W
Wind Intensity Sensor		
Wind Direction Sensor		
Microcontroller	3,3V*0.02A=66mW	0.066W
GSM Module (for IOT)	4V*0.15A=0.6A	0.6A
Others	$\approx$ 40mA	0.04W
Total Maximum Power Consumed		$\approx$ 2.675W

While calculating the consumed power shown in Table 1, the values of the power-consuming elements in the system at the time of maximum power consumption are taken into account, not at steady state. In addition, since the GSM module consumes the most power among the wireless communication modules in the system, the power values of the GSM module are taken into account.

As can be seen in Table 1;

$$Total\ Maximum\ Power\ Consumed = 2.675W$$

As can be seen in equation (2);

$$Power\ Generated\ from\ Solar\ Panel = 3W$$

Residual power at the system's maximum energy consumption;

$$Remaining\_Power = Power\ Generated\ from\ Solar\ Panel - Total\ Maximum\ Power\ Consumed \quad (3)$$

$$Remaining\_Power = 3W - 2.675W = 0.325W$$

As can be seen in Equation (3), even when the system consumes maximum power in sunny weather, an energy surplus of 0.325 W is generated. This energy surplus is stored using the 12V 6Ah battery in the system. Considering that the system consumes maximum energy in 1 minute, operates in sleep mode at other times, and energy consumption decreases from 1 to 1 in 10;

$$Sleep\_mode\_energy = Maximum\_energy / 10 = 2.675W / 10 = 0.2675W \quad (4)$$

$$\text{Sleep\_mode\_remaining\_power} = \text{Power Generated from Solar Panel} - \text{Sleep\_mode\_energy} \quad (5)$$

$$\text{Sleep\_mode\_remaining\_power} = 3W - 0.2675W = 2.7325W$$

$$\text{Battery\_Working\_Hour} = \text{Battery\_Power} / \text{Total Maximum Power Consumed} \quad (6)$$

$$\text{Battery\_Working\_Hour} = 72W / 2.675W = 26.92 \text{ hours}$$

C. IOT OPERATIONS WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS

The main function of the system is to be used in agriculture without requiring electronic knowledge, i.e., without requiring knowledge of technical complexity. It enables agricultural engineers, authorized organizations in agriculture, or farmers to produce their own solutions.

The system allows users with software knowledge to program and use it as they wish. The RP2040 microcontroller has a dual-core ARM Cortex M0+ 133 MHZ processor. This processor can be programmed with MicroPython. In this way, light artificial intelligence and machine learning (ML) techniques or pre-trained and optimized heavy artificial intelligence models can be run on our system. In addition, IOT projects can be realized by using Wifi, GSM module, ZigBee, LoRa, and Bluetooth modules in the system.

Artificial intelligence models such as TinyML (Tiny Machine Learning), Rule-Based AI, Decision Trees, and Simple Neural Networks can be run in our system. Some examples that can be done in our system using our proposed MicroPython and AI are given in Table 2.

Table 2. Our Proposed MicroPython+AI Agriculture Project Examples

Sensor	Measured value	Possible project	Type of AI used	Explanation
Soil Temperature Sensor	Soil Temperature	Smart irrigation and plant health monitoring	Rule-based / TinyML	Irrigation or disease risk based on soil temperature
Air Moisture Sensor + Air Temperature Sensor	Air Moisture + Temperature	Greenhouse climate control and irrigation scheduling	Rule-based / Decision tree	High temperature + low humidity → irrigation recommendation
Air Pressure Sensor	Pressure	Rain prediction and weather monitoring	TinyML (weather pattern)	Rain prediction based on pressure changes
Ambient Light Amount Sensor	Light Amount	Photosynthesis monitoring and irrigation time scheduling	K-means / Thresholding	Automatic control based on morning/evening light
Air Quality Sensor	Air Quality	Disease detection and greenhouse air analysis	Anomaly detection (AI)	Risk environment detection based on gas increases
Soil Moisture Sensor	Soil Moisture	Smart irrigation system and water conservation	TinyML / KNN / Rule-based	If the humidity level drops, AI calculates the irrigation time

In addition, our proposed some examples of IoT and AI applications that can be done with multiple sensors are given in Table 3.

Table 3. Our Proposed IoT+AI Agriculture Projects with Multi-Sensor Usage

Project Name	Used Sensors	Explanation	IoT+AI Application
Smart Irrigation System 2.0	Soil Moisture Sensor + Soil Temperature Sensor + Ambient Light Amount Sensor + Precipitation Amount Sensor +GSM	Rule-Based / Decision Tree	Irrigation status and data are sent to the mobile application via Wi-Fi.
Plant Health Tracker	Air Quality Sensor + Air Moisture Sensor + Air Temperature Sensor +Soil Moisture Sensor + Precipitation Amount Sensor +GSM	Classifier (TinyML)	SMS / email notification after anomaly (disease) detection
Greenhouse Climate Control	Air Moisture Sensor + Air Temperature Sensor + Soil Temperature Sensor + Ambient Light Amount Sensor + Wind Direction Sensor +GSM	Decision Tree	Remote ventilation control + monitoring graphs on the dashboard.
Rain Forecast + Irrigation	Soil Temperature Sensor + Precipitation Amount Sensor + Wind Intensity/ Direction Sensor + Soil Moisture Sensor +GSM	RNN / Time Series Analysis	Irrigation control with rainfall forecast → controlled via mobile panel.
Fertilization Assistant	Air Quality Sensor + Wind Direction Sensor + Wind Intensity Sensor + Air Moisture Sensor + Air Temperature Sensor +GSM	Decision Model	On the web panel, 'suitable for fertilization' / 'not suitable' notification
Integrated Smart Farming Station	All sensors (9+) +GSM	Ensemble (Multiple Model)	Live data, historical graphs, and AI predictions on the web panel.

D. ONLINE EDUCATION SUPPORT

The first property of the developed system is plug-and-play; people can easily operate it themselves without any training. The second one is the Artificial Intelligence capability of the system, which is useful for the users to receive some training or assistance, since they need to write MicroPython code and try it on the system. Figure 10 shows the online training platform where users can receive training.

TOPICS		EVALUATIONS		
#	Subject Name	Contents	Privacy Policy	Report
1	Lesson 1 - AgriTech Digital Agriculture Education Card Introduction	CONTENTS	☐	VIEW
2	Lesson 2 - AgriTech Digital Agriculture Training Set Blink Experiment	CONTENTS	☐	VIEW
3	Lesson 3 - AgriTech Digital Agriculture Training Set Bluetooth Application	CONTENTS	☐	VIEW
4	Lesson 4 - AgriTech Digital Agriculture Training Set Ambient Temperature and Humidity Application	CONTENTS	☐	VIEW
5	Lesson 5 - AgriTech Digital Agriculture Training Set Soil Moisture Measurement	CONTENTS	☐	VIEW
6	Lesson 6 - AgriTech Digital Agriculture Training Set Soil Temperature Measurement	CONTENTS	☐	VIEW
7	Lesson 7 - AgriTech Digital Agriculture Training Set OLED Screen Visual Usage	CONTENTS	☐	VIEW
8	Lesson 8 - AgriTech Digital Agriculture Training Set OLED Screen Usage	CONTENTS	☐	VIEW
9	Lesson 9 - AgriTech Digital Agriculture Training Set Air Quality Measurement	CONTENTS	☐	VIEW
10	Lesson 10 - AgriTech Digital Agriculture Training Set Light Amount of Air	CONTENTS	☐	VIEW
11	Lesson 11 - AgriTech Digital Agriculture Training Set Atmospheric Pressure Measurement	CONTENTS	☐	VIEW
12	Lesson 12 - AgriTech Digital Agriculture Training Set Leaf Wetness Sensor	CONTENTS	☐	VIEW

Figure 10. Online Educational Support

IV.CONCLUSION

In our study, one of the performance analyses of the developed system is the energy and consumption parameter.

As can be seen in Equations (3) and (5), the excess power obtained from the system is stored by the battery. In this way, the continuity of the system is ensured by utilizing the battery during the hours when the sun is low and when it is not.

As can be seen in Equation (6), in the absence of the sun, the system can operate for 26.92 hours continuously with a full battery.

In conclusion, this study introduces a user-friendly, low-cost, and non-technical IoT-based smart agriculture system developed to provide solutions to structural and environmental problems encountered in the agricultural sector. The system monitors environmental parameters such as soil moisture, air temperature, humidity, gas concentration, wind direction, and intensity through multiple sensors and transfers the data to cloud-based servers in real time.

One of the most important contributions of the system is that it not only collects data but also runs artificial intelligence algorithms locally. In this context, it is possible to run low-resource consumption models such as TinyML (Tiny Machine Learning), Rule-Based AI, Decision Trees, and Simple Neural Networks. In this way, even with limited hardware resources, the system can analyze environmental data, make predictions, and provide decision support mechanisms. This increases the sustainability and efficiency of smart agriculture applications, especially in rural areas with limited internet access.

In terms of energy sustainability, the system is designed to be solar panel and battery powered. As shown in Equations (3) and (5), the excess energy obtained during sunny hours is stored in the battery, and the system continues to operate using this energy when the sun is

not shining. According to calculations, the system can operate continuously for approximately 26.92 hours with a fully charged battery (Equation 6).

Thanks to its modular structure, “plug-and-play” approach, and digital training materials, both non-technical users and people with engineering knowledge can easily install and use the system. At the same time, users have the opportunity to customize the system by developing their own AI-supported smart agriculture applications.

As a result, this system, with its artificial intelligence-supported, energy-efficient, and user-oriented structure, makes a significant contribution to the widespread digitalization and sustainability in agricultural production. In the future, the widespread use of such smart systems will play a key role in achieving the goals of efficiency, resource management, and climate-friendly production in agriculture.

V. REFERENCES

- [1] M. C. Aldağ, "Integration of agricultural machinery in Turkey's EU accession process," M.S. thesis, Institute of Science, Namık Kemal Univ., Tekirdağ, Turkey, 2009.
- [2] D. Banciu, *Management of Information and Documents*, Bucharest: University of Bucharest Press, 2012.
- [3] Turkish Statistical Institute, "Labor Force Statistics, 2018," TUIK, Publication No: 30677, Ankara, Turkey, Mar. 2019.
- [4] D. P. Gowri and R. Anitha, "Digital Agriculture," pp. 145–160, Apr. 2024, doi: 10.1002/9781394242962.ch8.
- [5] M. R. M. Kassim, "IoT Applications in Smart Agriculture: Issues and Challenges," in *Proc. IEEE Conf. on Open Systems (ICOS)*, Nov. 2020, doi: 10.1109/ICOS50156.2020.9293672.
- [6] M. Namana, P. Rathnala, S. R. Sura, P. Patnaik, G. N. Rao, and P. V. Naidu, "Internet of Things for Smart Agriculture – State of the Art and Challenges," *Ecol. Eng. Environ. Technol.*, vol. 23, no. 6, pp. 147–160, Nov. 2022, doi: 10.12912/27197050/152916.
- [7] A. Munde and V. V. Yerigeri, "IoT-Based Smart Agriculture toward Making the Fields Talk," *Int. J. Adv. Res. Sci. Commun. Technol.*, pp. 107–113, Jun. 2022, doi: 10.48175/ijarsct-4571.
- [8] A. Subeesh and C. R. Mehta, "Automation and Digitization of Agriculture Using Artificial Intelligence and the Internet of Things," Nov. 2021, doi: 10.1016/J.AIIA.2021.11.004.
- [9] "Digital Technologies and Tools for the Ensuing Digital Era," *Adv. Environ. Eng. Green Technol. Book Ser.*, pp. 1–11, Jan. 2023, doi: 10.4018/978-1-6684-6413-7.ch001.
- [10] D. Samanta and A. Banerjee, "Trends and Applications of Intelligent IoT in Agriculture," Springer, Singapore, 2021, pp. 99–131, doi: 10.1007/978-981-16-5936-2_5.
- [11] S. H. Awan et al., "IoT with Blockchain: A Futuristic Approach in Agriculture and Food Supply Chain," *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2021, pp. 1–14, Jun. 2021, doi: 10.1155/2021/5580179.
- [12] O. Nezamova and J. A. Olentsova, "The Main Trends of Digitalization in Agriculture," *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 981, no. 3, p. 032018, Feb. 2022, doi: 10.1088/1755-1315/981/3/032018.
- [13] V. B. Sadu, N. Budidha, S. R. Billewar, S. J. Pimo, D. R. Kumar, and T. C. A. Kumar, "Digitalization of Agriculture by Using the Application of IoT and Robotics," pp. 183–186, Nov. 2022, doi: 10.1109/IIHC55949.2022.10060724.
- [14] CEMA, "Smart Equipment for Sustainable Agriculture," CEMA-EFM Dinner Debate, 20 Feb. 2019.
- [15] A. Verbeek, S. Fackelmann, and B. McDonagh, "Feeding Future Generations: How Finance Can Boost Innovation in Agri-Food," European Investment Bank, 2019.
- [16] S. Rotz, E. Duncan, M. Small, J. Botschner, R. Dara, I. Mosby, M. Reed, and E. Fraser, "The Politics of Digital Agricultural Technologies: A Preliminary Review," *Sociologia Ruralis*, vol. 59, no. 2, pp. 203–229, 2019.
- [17] TRT HABER, "World Population May Exceed 11 Billion by the End of the Century," 10 Jul. 2020. [Online]. Available: <https://www.trthaber.com/haber/dunya/dunya-nufusu-yuzyilin-sonunda-11-milyari-gecebilir-500418.html>. [Accessed: Apr. 14, 2025].

- [18] Credit Bureau of Turkey, "Turkey Agricultural Outlook Field Survey Report," 2022. [Online]. Available: <https://tarimgundemdergisi.com/turkiye-tarimsal-gorunum-saha-arastirmasi-2022-raporu-yayinlandi/>. [Accessed: Apr. 14, 2025].
- [19] Isparta Provincial Directorate of Agriculture and Forestry, "The Dangers of Over-irrigation," 2022. [Online]. Available: <https://isparta.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Faydal%C4%B1%20Bilgiler/%E2%80%8BBitkisel%20Yeti%C5%9Ftiricilik/Sulama-Bitki%20Besleme/A%C5%9F%C4%B1r%C4%B1%20Sulaman%C4%B1n%20Zararlar%C4%B1.pdf>. [Accessed: Apr. 14, 2025].
- [20] General Directorate of Meteorology, "Methods for Protection from Frost Events," 2022. [Online]. Available: <https://mgm.gov.tr/site/yardim2.aspx?=ZIRAIDON>. [Accessed: Apr. 14, 2025].
- [21] Raspberry Pi Ltd., "RP2040 Microcontroller Product Brief," Raspberry Pi, 2021. [Online]. Available: <https://datasheets.raspberrypi.com/rp2040/rp2040-product-brief.pdf>. [Accessed: Apr. 14, 2025].
- [22] T. S. Adebayo, S. Ullah, M. T. Kartal, K. Ali, U. K. Pata, and M. Ağa, "Green Energy and Green Human Capital: Impacts on Environmental Quality in European Union Countries," *Dokuz Eylul Univ. J. Soc. Sci. Inst.*, vol. 25, no. 1, pp. 123–145, 2023.
- [23] B. Duman and K. Özsoy, "Smart Agriculture in the Perspective of Industry 4.0," in *4th Int. Congr. on 3D Printing (Additive Manufacturing) Technol. and Digital Ind.*, 2019.
- [24] M. C. Aldağ, B. Eker, and A. A. Eker, "Artificial Intelligence Applications in Agricultural Machinery Manufacturing," *ResearchGate*, 2018.
- [25] S. Tümer and G. Özertan, "Increasing Added Value, Innovation, and Digital Agriculture," TÜSİAD Report, Publ. No: T/2020-03/615, 2020.
- [26] M. De Clercq, A. Vats, and A. Biel, "Agriculture 4.0 – The Future of Farming Technology," World Government Summit, 2018.
- [27] K. Hartman, M. G. A. Van der Heijden, R. A. Wittwer, S. Banerjee, J.-C. Walser, and K. Schlaeppli, "Cropping Practices Manipulate Abundance Patterns of Root and Soil Microbiome Members Paving the Way to Smart Farming," *Microbiome*, vol. 6, no. 1, p. 14, 2018, doi: 10.1186/s40168-017-0389-9.
- [28] P. Jayaraman, A. Yavari, D. Georgakopoulos, A. Morshed, and A. Zaslavsky, "Internet of Things Platform for Smart Farming: Experiences and Lessons Learned," *Sensors*, vol. 16, no. 11, p. 1884, 2016, doi: 10.3390/s16111884.
- [29] C. Jones and P. Pimdee, "Innovative Ideas: Thailand 4.0 and the Fourth Industrial Revolution," *Asian Int. J. Soc. Sci.*, vol. 17, no. 1, pp. 4–35, 2017, doi: 10.29139/aijss.20170101.
- [30] B. Van de Kerkhof, M. Van Persie, H. Noorbergen, L. Schouten, and R. Ghauharali, "Spatio-temporal Analysis of Remote Sensing and Field Measurements for Smart Farming," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 27, pp. 21–25, 2015, doi: 10.1016/j.proenv.2015.07.111.
- [31] Y.-H. Kuo, "Keynote Speech I: Production 4.0 from the Perspective of Intelligent Computing," in *2015 Conf. on Technol. and Appl. of Artif. Intell. (TAAI)*, 2015, pp. 25–25, doi: 10.1109/TAAI.2015.7407046.
- [32] C. Weltzien, "Digital Agriculture - or Why Agriculture 4.0 Still Offers Only Modest Returns," *Landtechnik*, vol. 71, no. 2, pp. 66–68, 2016, doi: 10.1515/lt.2015.3123.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ПРАКТИКЕ ВРАЧА-ДЕРМАТОЛОГА

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17538059>

Ф.Р.Махмудов	Х.А.Гаджиева	Э.М.Гулиева
fariddoc@mail.ru	hajiyevoxirdaxanim@gmail.com	efsanehuliieva@gmail.com
0009-0001-0855-8610	0009-00030707-1039	0009-0001-1375-3867

Кафедра Дерматовенерологии АМУ, Баку, Азербайджан

Ключевые слова: дерматоскопия, система визуализации, искусственный интеллект

Введение

Дерматология (от греческих слов *derma*, что значит «кожа», и *logos* — «слово») — один из основных разделов медицины, который изучает строение и функции кожи, являющейся самым большим органом в организме человека. Клиническая дерматология изучает причины и механизмы развития кожных заболеваний, разрабатывает способы их диагностики, лечения, профилактики.

Большинство заболеваний кожи диагностируются на основании внешних проявлений, а также клинической картины заболевания.

Материалы и методы

Одним из вспомогательных методов, которые позволяют детальнее исследовать, а также качественнее визуализировать элементы кожной сыпи, врожденные и приобретенные невусы, а также другие патологические очаги на коже, является дерматоскопия.

Наиболее современным оборудованием применяющимся для визуализации в дерматологии на сегодняшний день являются системы FotoFinder и цифровой дерматоскоп Skeep. Отличительной характеристикой данного оборудования является возможность вовлечения системы Искусственного Интеллекта в диагностический процесс. FotoFinder и Skeep используют систему AIMEE (Artificial Intelligence Mole Examination and Evaluation) - Искусственный Интеллект для обследования и оценки родинок. Данная разработка позволяет быстро и с точностью проанализировать полученные вовремя дерматоскопии, трихоскопии, а также капилляроскопии изображения, поставить предварительный диагноз, сформировать план дальнейшей диагностики и лечения.

Оборудование также позволяет специалистам создавать базу данных пациентов, эффективно документировать и хранить данные пациентов, а также предоставляет возможность получить “второе мнение” от других специалистов.

Полученные результаты и выводы

В результате множественных научных исследований, системы Искусственного Интеллекта показали более высокую чувствительность, специфичность и диагностическую точность в дифференциальной диагностике злокачественных и доброкачественных новообразования кожи, оценке поражений по шкале PASI(у пациентов с псориазом) и диагностике заболеваний придаточного аппарата кожи, чем при диагностике дерматологами без помощи ИИ.

Это позволяет сделать выводы о пользе применения Искусственного Интеллекта в практике врача-дерматолога для скрининга онкологических заболеваний, повышения эффективности и точности диагностики неонкологических заболеваний кожи и ее придатков.

SÜNİ İNTELLEKTİN MİLLİ KİMLİK VƏ MƏDƏNİ DƏYƏRLƏRƏ TƏSİRİ: YENİ ÇAĞIRIŞLAR VƏ İMKANLAR

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17538077>

Shahla Nuruzade

Baku Slavic University

Abstract

Bu məqalədə süni intellektin milli kimlik və mədəni dəyərlərə təsiri kimi problemlər müzakirə olunur. Süni İntellektin milli dil, tarix və mədəni irsin qorunmasına təsiri araşdırılır. Müasir dövrün əsas problemlərindən biri qloballaşmanın xalqın dəyərlər sisteminə təsiri məsələsidir. Süni intellektin qloballaşan dünyada milli kimlik və mədəni dəyərlərə təsiri müasir dövrün vacib problemlərindən biridir. Süni intellekt texnologiyaları milli dillərin qorunmasına kömək etsə də, eyni zamanda dominant dilləri və qlobal mədəni tendensiyaları gücləndirərək lokal etnik kimlikləri zəiflədə bilər. Alqoritmlər informasiya mənbələrini süzgəcdən keçirərək tarixi yaddaşa və milli identifikasiyaya təsir göstərə bilər. Bu məqalədə süni intellektin milli kimlik və mədəni dəyərlər üzərində yaratdığı çağırışlar və imkanlar araşdırılır. Süni intellekt dil və mədəni irsin qorunmasında rolu, tarixi informasiyanın manipulyasiyası və mədəni identiklik üzərindəki təsirləri nəzərdən keçirilir.

Açar sözlər: süni intellekt, milli kimlik, mədəni dəyərlər, etnik identiklik, tarixi yaddaş, qloballaşma.