MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

KAZAKHSTAN

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

INTERNATIONAL UNIVERSITY SINCE 2009

МЕЖДУНАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

Published since 2020.
Volume 7. 3 (27). 2026
July–September

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ

2020 жылдан бері шығарылады
Том 7. 3 (27). 2026
Шілде-Қыркүйек

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Издается с 2020 г.
Том 7. 3 (27). 2026
Июль-Сентябрь

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Министерство информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ82VPY00020475, выданное от 20.02.2020 г.

Зарегистрировано в Международном центре регистрации серийных изданий ISSN (ЮНЕСКО, Париж, Франция). ISSN 2708–2032 (print), ISSN 2708–2040 (online)

Журнал входит в Перечень научных изданий, рекомендуемых КОКНВО МНВО РК для публикации основных результатов научной деятельности.

EDITOR-IN-CHIEF:
Kateryna Kolesnikova — Doctor of Technical Sciences, professor, Vice-Rector for Research, International Information Technology University (Kazakhstan)

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:
Madina Ipalakova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Director of the Research Department, International Information Technology University (Kazakhstan)

EDITORIAL BOARD:
Abdul Razak — PhD, professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)
Lucio Tommaso De Paolis — Director of the R&D Department of the AVR Laboratory, Department of Engineering for Innovation, University of Salento (Italy)
Liz Bacon — Professor, Deputy Vice-Chancellor, Abertay University (United Kingdom)
Michele Pagano — PhD, Professor, University of Pisa (Italy)
Mukhtarbay Otelbayev — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, professor of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)
Bolatbek Rysbaiuly — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, professor of the Department of Computing and Data Science, Astana IT University (Kazakhstan)
Yevgeniya Daineko — PhD, research professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)
Nurzhan Duzbayev — PhD, associate professor, Vice-Rector for Digitalization and Innovation, International Information Technology University (Kazakhstan)
Bakhtgerei Sinchev — Doctor of Technical Sciences, professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)
Nurgul Seilova — Candidate of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Computer Technologies and Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)
Ardak Mukhamediyeva — Candidate of Economic Sciences, Dean of the Faculty of Business, Media and Management, International Information Technology University (Kazakhstan)
Zamira Abdikalikova — PhD, associate professor, Head of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)
Yerlan Shildibekov — PhD, associate professor, Head of the Department of Economics and Business, International Information Technology University (Kazakhstan)
Damilya Yeskendirova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)
Aigul Niyazgulova — Candidate of Philological Sciences, Professor, Head of the Department of Media Communications and History of Kazakhstan, International Information Technology University (Kazakhstan)
Altai Aitmagambetov — Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, International Information Technology University (Kazakhstan)
Yelena Bakhtiyarova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, International Information Technology University (Kazakhstan)
Kanibek Sansyzbay — PhD, research professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)
Sakhybay Tynymbayev — Candidate of Technical Sciences, Professor, Research Professor, Department of Computer Engineering, International Information Technology University (Kazakhstan)
Ali Abd Almisreb — PhD, associate professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)
Mohamed Ahmed Hamada — PhD, associate professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)
Yang Im Chu — PhD, Professor, Gachon University (South Korea)
Tadeusz Wallas — PhD, Vice-Rector, Adam Mickiewicz University (Poland)
Orken Mamyrbayev — PhD, Deputy Director for Science, RSE Institute of Information and Computational Technologies, Committee for Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Kazakhstan)
Sergey Bushuyev — Doctor of Technical Sciences, professor, Director of the Ukrainian Project Management Association “UKRNET,” Head of the Department of Project Management, Kyiv National University of Construction and Architecture (Ukraine)
Svetlana Beloshitskaya — Doctor of Technical Sciences, professor, Department of Computing and Data Science, Astana IT University (Kazakhstan)

MANAGING EDITOR
Raushan Mrzabayeva — Master of Science, editor, International Information Technology University (Kazakhstan)

International Journal of Information and Communication Technologies
Periodicity: 4 times a year.
Languages: Kazakh, Russian, English
DOI prefix: 10.54309
ISSN 2708–2032 (print)
ISSN 2708–2040 (online)
Thematic focus: "Information technology"; "Digital technologies in the development of socio-economic systems"; "Information security and communication technologies".
Distribution: Materials are distributed under the Creative Commons Attribution 4.0
Journal website: https://journal.iitu.edu.kz
Owner: International Information Technology University JSC (Almaty).
Copyright: © International Journal of Information and Communication Technologies, 2026

РЕДАКЦИЯ

БАС РЕДАКТОР:

Колесникова Катерина Викторовна — техника ғылымдарының докторы, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің ғылыми-зерттеу қызметі жөніндегі проректор (Қазақстан)

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

Ипалакова Мадина Тулегеновна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің ғылыми-зерттеу қызметі жөніндегі департамент директоры (Қазақстан)

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

Разак Абдул — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Лучио Томмазо де Паолис — Саленто Университеті (Италия) инновация және технологиялық инжиниринг департаменті AVR зертханасының зерттеу және әзірлеу бөлімінің директоры

Лиз Бэкон — профессор, Абертей Университеті (Ұлыбритания) вице-канцлерінің орынбасары

Микеле Пагано — PhD, Пиза Университетінің (Италия) профессоры

Өтелбаев Мухтарбай Өтелбайұлы — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Рысбайулы Болатбек — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Есептеу және деректер ғылымдары департаментінің профессоры, Astana IT University (Казахстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Дузбаев Нуржан Токкужаевич — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті цифрландыру және инновациялар жөніндегі проректор (Қазақстан)

Синчев Бахтгерей Куспанович — техника ғылымдарының докторы, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Сейлова Нургуль Абадуллаевна — техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік технологиялар және киберқауіпсіздік факультетінің деканы (Қазақстан)

Мухамедиева Ардак Габитовна — экономика ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті бизнеса медиа және басқару факультетінің деканы (Қазақстан)

Абдикаликова Замира Турсынбаевна — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті экономика және бизнес кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Дамеля Максутовна Ескендирова — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Ниязгулова Айгуль Аскарбековна — филология ғылымдарының кандидаты, доцент, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті медиакоммуникация және Қазақстан тарихы кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Айтмагамбетов Алтай Зуфарович — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті радиотехника, электроника және телекоммуникация кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Бахтиярова Елена Ажибековна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті радиотехника, электроника және телекоммуникация кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Канибек Сансызбай — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Тынымбаев Сахибай — техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік инженерия кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Алмисреб Али Абд — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

Мохамед Ахмед Хамада — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

Янг Им Чу — PhD, Гачон университетінің профессоры (Оңтүстік Корея)

Тадеуш Валлас – PhD, Адам Мицкевич атындағы (Польша) университеттің проректоры

Мамырбаев Оркен Жумажанович — PhD, ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті ақпараттық және есептеу технологиялары институты ӨМК директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Қазақстан)

Бушуев Сергей Дмитриевич — техника ғылымдарының докторы, профессор, Украинаның "УКРНЕТ" жобаларды басқару қауымдастығының директоры, Киев ұлттық құрылыс және сәулет университеті жобаларды басқару кафедрасының меңгерушісі (Украина)

Белощицкая Светлана Васильевна — техника ғылымдарының докторы, доцент, Astana IT University есептеу және деректер ғылымы кафедрасының профессоры (Қазақстан)

ЖАУАПТЫ РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — магистр, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің редакторы (Қазақстан)

Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы
ISSN 2708–2032 (print)
ISSN 2708–2040 (online)
Префикс DOI: 10.54309
Мерзімділігі: жылына 4 рет.
Басылым тілі: қазақ, орыс, ағылшын.
Тақырып бағыты: "Ақпараттық технологиялар"; "Ақпараттық қауіпсіздік және коммуникациялық технологиялар"; "Әлеуметтік-экономикалық жүйелерді дамытудағы цифрлық технология".
Журнал сайты: https://journal.iitu.edu.kz
Тарату: материалдар Creative Commons Attribution 4.0 лицензиясы бойынша таратылады
Меншік иесі: АҚ «Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті» (Алматы қ.).
Авторлық құқық: © Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы, 2026

РЕДАКЦИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Колесникова Катерина Викторовна — доктор технических наук, профессор, проректор по научно-исследовательской деятельности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Ипалакова Мадина Тулегеновна — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, директор департамента по научно-исследовательской деятельности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Разак Абдул — PhD, профессор кафедры кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Лучио Томмазо де Паолис — директор отдела исследований и разработок лаборатории AVR департамента инноваций и технологического инжиниринга Университета Саленто (Италия)

Лиз Бэкон — профессор, заместитель вице-канцлера Университета Абертей (Великобритания)

Микеле Пагано — PhD, профессор Университета Пизы (Италия)

Отелбаев Мухтарбай Отелбайулы — доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, профессор кафедры математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Рысбайулы Болатбек — доктор физико-математических наук, профессор, профессор Astana IT University (Казахстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, профессор-исследователь кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Дузбаев Нуржан Токкужаевич — PhD, ассоциированный профессор, проректор по цифровизации и инновациям Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Синчев Бахтгерей Куспанович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Сейлова Нургуль Абадуллаевна — кандидат технических наук, декан факультета компьютерных технологий и кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Мухамедиева Ардак Габитовна — кандидат экономических наук, декан факультета бизнеса медиа и управления Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Абдикаликова Замира Турсынбаевна — PhD, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, ассоциированный профессор, заведующий кафедрой экономики и бизнеса Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Дамеля Максутовна Ескендирова — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Ниязгулова Айгуль Аскарбековна — кандидат филологических наук, доцент, профессор, заведующая кафедрой медиакоммуникаций и истории Казахстана Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Айтмагамбетов Алтай Зуфарович — кандидат технических наук, профессор кафедры радиотехники, электроники и телекоммуникаций Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Бахтиярова Елена Ажибековна — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой радиотехники, электроники и телекоммуникаций Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Канибек Сансызбай – PhD, ассоциированный профессор, профессор-исследователь кафедры кибербезопасности, Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Тынымбаев Сахибай – кандидат технических наук, профессор, профессор-исследователь кафедры компьютерной инженерии, Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Алмисреб Али Абд — PhD, ассоциированный профессор кафедры кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Мохамед Ахмед Хамада — PhD, ассоциированный профессор кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Янг Им Чу — PhD, профессор университета Гачон (Южная Корея)

Тадеуш Валлас – PhD, проректор университета имен Адама Мицкевича (Польша)

Мамырбаев Оркен Жумажанович — PhD, заместитель директора по науке РГП Института информационных и вычислительных технологий Комитета науки МНВО РК (Казахстан)

Бушуев Сергей Дмитриевич — доктор технических наук, профессор, директор Украинской ассоциации управления проектами «УКРНЕТ», заведующий кафедрой управления проектами Киевского национального университета строительства и архитектуры (Украина)

Белощицкая Светлана Васильевна — доктор технических наук, доцент, профессор кафедры вычислений и науки о данных Astana IT University (Казахстан)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — магистр, редактор Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Международный журнал информационных и коммуникационных технологий
ISSN 2708–2032 (print)
ISSN 2708–2040 (online)
Префикс DOI: 10.54309
Периодичность: 4 выпусков в год.
Язык издания: казахский, русский, английский.
Тематическая направленность: "Информационные технологии"; "Информационная безопасность и коммуникационные технологии"; "Цифровые технологии в развитии социо-экономических систем".
Сайт журнала: https://journal.iitu.edu.kz
Распространение: материалы распространяются по лицензии Creative Commons Attribution 4.0
Собственник: АО «Международный университет информационных технологий» (г. Алматы).
Авторские права: © Международный журнал информационных и коммуникационных технологий, 2026

CONTENTS

DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

A Adalbek, S.Ye. Kerimkhulle, K.D. Kuliev, O. Mekesh, Zh.Zh. Khamitova
DEVELOPMENT OF RESULT-ORIENTED DATA SMOOTHING MODELS AND ANALYSIS OF THEIR EFFECTIVENESS 11
A.T. Iskakova, G.E. Kurmankulova, K. Gromaszek, K.O. Togzhanova, R.S. Algozhayeva
APPLICATION OF MACHINE LEARNING AND DEEP LEARNING FOR PREDICTIVE PLANNING AND RESOURCE EFFICIENCY IN PRODUCTION SYSTEMS 30
A.B. Kassymova, R.K. Uskenbayeva, Zh.A. Sydykov, D. Omirzak, S. Kalibekov
ARCHITECTURE OF AN INTELLIGENT CHATBOT FOR SMART CITY: AI-BASED RECEIVING, ANALYSIS AND ROUTING OF CITIZEN REQUESTS 46
O.M. Olzhayev, B.S. Omarov, A. Suliman
YOLO-CBAM: A LIGHTWEIGHT NEURAL NETWORK MODEL WITH INTEGRATED ATTENTION MECHANISM FOR ROAD DAMAGE ANALYSIS 66
K. Yermagambetova, A. Sarsekeyeva, Y. Akhlassov
OVERCOMING FRAGMENTATION IN THE CLASSIFICATION OF DIGITAL CULTURAL HERITAGE: AN INTEGRATIVE MULTIDIMENSIONAL MODEL 78

INFORMATION TECHNOLOGY

D. Abzhanova, S. Sharipova
ARCHITECTURE AND PRACTICAL IMPLEMENTATION OF A DIGITAL PLATFORM FOR MONITORING AND DATA EXCHANGE ON TRANSBOUNDARY WATER RESOURCES IN THE ZHAMBYL REGION 101
A. Aitanuly, O.A. Ussatova
ENHANCING TWO-FACTOR AUTHENTICATION FOR CLOUD HEALTHCARE SECURITY: THE ROLE OF DEEP LEARNING 122
O. Alseitov, O. Kuchanskyi
PHYSICS-INFORMED HYBRID LEARNING FOR HOURLY POWER-PLANT EMISSIONS: A MULTI-POLLUTANT BENCHMARK WITH UNCERTAINTY AND TRANSFER 141
A.M. Akhmetova, D.O. Baizhanova, Zh.N. Alisheva, B.A. Shaimov
ADAPTIVE OUTPUT ROUTER FOR NATURAL LANGUAGE MODELS CONSIDERING KEY PERFORMANCE INDICATORS 160
A.K. Aitim
AUTOMATIC AND SEMI-AUTOMATIC ANNOTATION OF KAZAKH TEXT CORPORA 180
Z.E. Balabayev, S.V. Biloshchytska
HANDWRITTEN TEXT RECOGNITION FOR CHAGATAI MANUSCRIPTS: COMPARING CRNN TRAINING FROM SCRATCH AND TRANSFORMER-BASED TRANSFER LEARNING 198
D.B. Baumuratova, T.K. Zhukabayeva, K.A. Abdrakhmanov, Z. Ahmad, A.A. Seitov
A NEURO-DIGITAL LEARNING MODEL FOR AI DRIVEN DIGITAL TRANSFORMATION IN HIGHER EDUCATION 219
T. Daoyun, G.A. Amirkhanova, Fu Yanwei, Y. Faruzkyzy
MULTIMODAL SEMANTIC MANIPULATION IN FAKE VIDEOS AND ITS INFLUENCE MECHANISM ON USERS' PERCEIVED TRUST 241
Zh. Doumchariyev, J. Tussupov, A. Akynbekova, M. Khassanova, M. Kassim
ENSEMBLE AND HYBRID LEARNING FOR DIGITAL TWIN MILK CLASSIFICATION 258
K.Z. Igibayev, A.Kh. Kozbakova, O. Auelbekov , T. Merembayev, K. Yessentayev
STUDY OF A DYNAMIC MIXING DEVICE IN A BIOREACTOR USING IOT TECHNOLOGIES 279
A.N. Ismukanova, G. Kochshanova, D.V. Pleskachev, Zh. Sarsenbayeva, P. Schmidt
AUTOMATED CLASSIFICATION OF SCIENTIFIC DATA USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A COMPARATIVE ANALYSIS OF TRANSFORMER ARCHITECTURES AND HYBRID APPROACHES 306
T. Zh. Kamalov, Ali Abd. Almisreb, Mohammed A. Saleh
INVESTIGATION OF HYBRID QUANTUM-CLASSICAL ALGORITHMS FOR MACHINE LEARNING 323
B. Karimkyzy, K.G. Karasenko, N.A. Alisherov, N.M. Muratbek, A. Karim

KEY PUBLICATIONS OF 2021–2025 ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS IN THE MANUFACTURING AND DIAGNOSTICS OF MEDICAL DEVICES FOR GLYCEMIC MONITORING: A THEMATIC ANALYTICAL REVIEW 338
S.K. Kumyzbaeva, K.E. Baglanbaev, K.S. Sarkyt, M.Zh. Konyrova
THREE-PHASE TRAINING OF INTELLIGENT ENERGY MANAGEMENT FOR A HYBRID ENERGY SYSTEM WITH A CLIMATE-AWARE STATE REPRESENTATION 357
N.E. Karabayev, S.K. Serikbayeva, E. Benkhelif, B. Tassuov
RESEARCH ON THE ROBUSTNESS OF ENSEMBLE MACHINE LEARNING MODELS TO ADVERSARIAL ATTACKS IN INTRUSION DETECTION SYSTEMS FOR IOT NETWORKS 369
M. Nurtas, G. Kapyshev
A METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR THE PREPROCESSING AND INTEGRATION OF GEOSPATIAL AND GEOPHYSICAL DATA FOR MINERAL PROSPECTIVITY PREDICTION USING MACHINE LEARNING 392
A. Neftissov, A. Biloshchytskyi, I. Kazambayev, A. Medetkhan, L. Kirichenko
ENERGY EFFICIENT MICROCLIMATE STABILIZATION FOR SEALED ARCHIVAL STORAGE ENCLOSURES 405
A.Zh. Omurtayeva, U.T. Makhazhanova, A.K. Adilova, Sh.K. Yelezhanova, J. Kultan
AN ADAPTIVE NEURAL-FUZZY MODEL FOR ASSESSING INVESTMENT RISKS IN THE AGRI-INDUSTRIAL COMPLEX: ODERNISATION OF THE DECISION-SUPPORT ARCHITECTURE THROUGH THE INTEGRATION OF MACHINE LEARNING 421
N. Shazhdekeyeva, A. Mukhanbetkaliyeva, A. Abdigaliyeva, A. Zhanekeshova, L. Nurgaliyeva
COMPARATIVE ANALYSIS OF MATHEMATICAL MODELS OF COLLABORATIVE FILTERING IN THE DEVELOPMENT OF A MOVIE RECOMMENDER SYSTEM 445
S. Sharmukhanbet, G. Turmukhanova, O. Findik, V. Makhatova, M. Rakhmetov
AN INTELLIGENT PIPELINE DEFECT DETECTION SYSTEM USING AN IN-PIPE ROBOT 461

INFORMATION SECURITY AND COMMUNICATIONTECHNOLOGIES

S.Z. Daruish, A.U. Utegenova, A.U. Kalizhanova, Zh.Zh. Zhumabekova
MACHINE LEARNING FOR POLLUTION CLASSIFICATION IN ROCKET BOOSTER IMPACT AREAS 480
S.N. Issabayeva, A.K. Rysbayeva, Zh.B. Ibrayeva, N.R. Mussabekov, N.Sh. Akimzhan
MACHINE LEARNING-BASED CYBERATTACK DETECTION IN OT-NETWORKS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF NETWORK ANOMALY CLASSIFICATION METHODS 495
G. Shangytbayeva, A.N. Amanov, M.K. Issenova, G.E. Berikkhanova, K.O. Shakerkhan
INFORMATION SECURITY IN GOVERNMENT CLOUD SERVICES: RISK ASSESSMENT AND PROTECTION STRATEGIES 512
Ye. N. Tursynbek, N. Albanbay, D. Djenouri
OPTIMISATION OF COMMUNICATION COSTS IN TWO-TIER FEDERATED LEARNING FOR CYBERATTACK DETECTION IN IOT NETWORKS 529
A. Tastemirov, S.B. Mukhanov, S.T. Amanzholova, B. Aldosh
A COMPARATIVE EVALUATION OF MACHINE LEARNING MODELS FOR ACTIVE DIRECTORY THREAT DETECTION: FEATURE-LEAKAGE CONTROL AND CROSS-SCENARIO VALIDATION ON WINDOWS SECURITY EVENT LOGS 545

МАЗМҰНЫ
ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ДАМЫТУДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

А Адалбек, С.Е. Керімқұл, К.Д. Кулиев, О. Мекеш, Ж.Ж. Хамитова
ДЕРЕКТЕРДІҢ НӘТИЖЕ БАҒДАРЛАНҒАН ТЕГІСТЕУ МОДЕЛЬДЕРІН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ТИІМДІЛІГІН ТАЛДАУ 11
А.Т. Искакова, Г.Е. Курманкулова, Конрад Громашек, К.О. Тогжанова, Р.С. Алгожаева
ӨНДІРІС ЖҮЙЕЛЕРІНДЕ БОЛЖАМДЫ ЖОСПАРЛАУ ЖӘНЕ РЕСУРСТАРДЫ ҮНЕМДЕУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕРЕҢ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНУ 30
А.Б. Касымова, Р.К. Ускенбаева, Ж.А. Сыдыков, Д. Өмірзақ, С. Калибеков
SMART CITY ҮШІН ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЧАТ-БОТ АРХИТЕКТУРАСЫ: АЗАМАТТАРДЫҢ

ӨТІНІШТЕРІН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕ ҚАБЫЛДАУ, ТАЛДАУ ЖӘНЕ БАҒЫТТАУ 46
О.М. Олжаев, Б.С. Омаров, A.Suliman
YOLO-CBAM: ЖОЛДЫҢ ЗАҚЫМДАНУЫН ТАЛДАУҒА АРНАЛҒАН ИНТЕГРАЦИЯЛАНҒАН ЗЕЙІН МЕХАНИЗМІ БАР ЖЕҢІЛ САЛМАҚТЫ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІ МОДЕЛІ 66
К. Ермагамбетова, А. Сарсекеева, Е. Ахласов
ЦИФРЛЫҚ МӘДЕНИ МҰРАНЫ ЖІКТЕУДЕГІ ФРАГМЕНТАЦИЯНЫ ЕҢСЕРУ: ИНТЕГРАТИВТІ КӨПӨЛШЕМДІ МОДЕЛЬ 78

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Д.Е. Абжанова, С.Е. Шарипова
ЖАМБЫЛ ӨҢІРІНІҢ ТРАНСШЕКАРАЛЫҚ СУ РЕСУРСТАРЫН МОНИТОРИНГТЕУ ЖӘНЕ ДЕРЕКТЕР АЛМАСУҒА АРНАЛҒАН ЦИФРЛЫҚ ПЛАТФОРМАНЫҢ АРХИТЕКТУРАСЫ МЕН ПРАКТИКАЛЫҚ ІСКЕ АСЫРЫЛУЫ 101
А.Айтанұлы, О.А. Усатова
БҰЛТТЫ МЕДИЦИНАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕ ЕКІ ФАКТОРЛЫ АУТЕНТИФИКАЦИЯНЫ ЖАҚСАРТУ: ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІНІҢ ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІКТЕРІ 122
О. Альсеитов, О. Кучанский
ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ САҒАТТЫҚ ШЫҒАРЫНДЫЛАРЫН ФИЗИКАЛЫҚ ЗАҢДЫЛЫҚТАРДЫ ЕСКЕРЕТІН ГИБРИДТІ ОҚЫТУ: БЕЛГІСІЗДІК ПЕН ТАСЫМАЛДАУДЫ ЕСКЕРЕТІН КӨПЛАСТАУЫШТЫ БЕНЧМАРК 141
А.М. Ахметова, Д.О. Байжанова, Ж.Н. Алишева, Б.А. Шаймов
КРІ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, ТАБИҒИ ТІЛ МОДЕЛЬДЕРІНЕ АРНАЛҒАН ШЫҒЫС МАРШРУТТАУЫНЫҢ АДАПТИВТІ ЖҮЙЕСІ 160
Ә.Қ. Әйтім
ҚАЗАҚ МӘТІНДІК КОРПУСТАРЫН АВТОМАТТЫ ЖӘНЕ ЖАРТЫЛАЙ АВТОМАТТЫ АННОТАЦИЯЛАУ 180
Ж.Е. Балабаев, С.В. Белощицкая
ШАҒАТАЙ ҚОЛЖАЗБАЛАРЫНЫҢ МӘТІНІН ТАНУ: CRNN-ДІ НӨЛДЕН БАСТАП ОҚЫТУ МЕН ТРАНСФОРМЕР НЕГІЗІНДЕГІ ТРАНСФЕРЛІК ОҚЫТУДЫ САЛЫСТЫРУ 198
Д.Б. Баумуратова, Т.К. Жукабаева, К.А. Абдрахманов, З. Ахмад, А.А. Сеитов
ЖОҒАРЫ БІЛІМ БЕРУДЕ AI НЕГІЗДЕЛГЕН ЦИФРЛЫҚ ТРАНСФОРМАЦИЯҒА АРНАЛҒАН НЕЙРО-ЦИФРЛЫҚ ОҚЫТУ МОДЕЛІ 219
Т. Даоюн, Г. Амирханова, Фу Яньвэй, Е. Фарузқызы
ФЕЙК ВИДЕОЛАРДАҒЫ МУЛЬТИМОДАЛЬДЫ СЕМАНТИКАЛЫҚ МАНИПУЛЯЦИЯНЫҢ ПАЙДАЛАНУШЫЛАРДЫҢ ҚАБЫЛДАЙТЫН СЕНІМІНЕ ӘСЕР ЕТУ МЕХАНИЗМІ 241
Ж. Доумчариева, Д. Тусупов, А. Акынбекова, М. Хасанова, М. Кассим
ЦИФРЛЫҚ ЕГІЗДЕГІ СҮТ САПАСЫН АНСАМБЛЬДІК ЖӘНЕ ГИБРИДТІ ОҚЫТУ АРҚЫЛЫ ЖІКТЕУ 258
Қ.З. Игибаев, А.Х. Козбакова, О. Әуелбеков, Т. Мерембаев, Қ. Есентаев
БИОРЕАКТОРДА IoT ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ДИНАМИКАЛЫҚ АРАЛАСТЫРУ ҚҰРЫЛҒЫСЫН ЗЕРТТЕУ 279
А.Н. Исмуканова, Г.Кощанова, Д.В. Плескачев, Ж.Сарсенбаева, П. Шмидт
ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕ ҒЫЛЫМИ ДЕРЕКТЕРДІ АВТОМАТТЫ ТҮРДЕ ЖІКТЕУ: ТРАНСФОРМЕР АРХИТЕКТУРАЛАРЫ МЕН ГИБРИДТІ ТӘСІЛДЕРДІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУЫ 306
Т.Ж. Камалов, Али Абд. Альмисреб, Мохаммед А. Салех
МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУҒА АРНАЛҒАН ГИБРИДТІ КВАНТТЫҚ-КЛАССИКАЛЫҚ АЛГОРИТМДЕРІН ЗЕРТТЕУ 323
Б. Кәрімқызы, К.Г. Карасенко, Н.А. Әлішеров, Н.М. Мұратбек, А. Кәрім
2021–2025 ЖЫЛДАР АРАЛЫҒЫНДАҒЫ ГЛИКЕМИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГКЕ АРНАЛҒАН МЕДИЦИНАЛЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫ ӨНДІРУ ЖӘНЕ ДИАГНОСТИКАЛАУДАҒЫ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ӘДІСТЕРІ БОЙЫНША НЕГІЗГІ ЖАРИЯЛАНЫМДАР 338
С. К. Кумызбаева, К.Е. Багланбаев, К.С. Саркыт, М. Конырова
КҮЙ-ЖАЙДЫ КЛИМАТҚА СЕЗІМТАЛ ҰСЫНУМЕН ГИБРИДТІ ЭНЕРГОЖҮЙЕНІҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТІН ҮШФАЗАЛЫ ОҚЫТУ 357
Н.Е. Қарабаев, С.К. Серикбаева, Е. Бенкхелифа, Б. Тасуов

IOT-ЖЕЛІЛЕРІНДЕГІ БАСЫП КІРУДІ АНЫҚТАУЖҮЙЕЛЕРІНДЕ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫҢ АНСАМБЛЬДІ КҮЛГІЛЕРІНІҢ БӘСЕКЕЛЕС ШАБУЫЛДАРҒА ТӨЗІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ 369
М. Нұртас, Ғ. Капышев
МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ПАЙДАЛЫ ҚАЗБАЛАРДЫҢ ПЕРСПЕКТИВАЛЫЛЫҒЫН БОЛЖАУ ҮШІН ГЕОКЕҢІСТІКТІК ЖӘНЕ ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ АЛДЫН АЛА ӨҢДЕУ ЖӘНЕ БІРІКТІРУДІҢ ӘДІСТЕМЕЛІК НЕГІЗІ 392
А. Нефтиссов, А. Билощицкий, И. Казамбаев, А. Медетхан, Л. Кириченко
ГЕРМЕТИКАЛЫҚ АРХИВТІК САҚТАУ ҚАПТАМАЛАРЫНДА МИКРОКЛИМАТТЫ ЭНЕРГИЯ ТИІМДІЛІГІН ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП ТҰРАҚТАНДЫРУ 405
Ә.Ж. Омуртаева, У.Т. Махажанова, А.К. Адилова, Ш.К. Ележанова, Я. Култан
АГРОӨНЕРКӘСІПТІК КЕШЕНДЕГІ ИНВЕСТИЦИЯЛЫҚ ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАҒАЛАУҒА АРНАЛҒАН БЕЙІМДЕЛГІШ НЕЙРОНДЫҚ-БҰЛДЫР МОДЕЛЬ: МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ИНТЕГРАЦИЯЛАУ АРҚЫЛЫ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУДЫ ҚОЛДАУ СӘУЛЕТІН ЖАҢҒЫРТУ 421
Н. Шаждекеева, А. Мұханбетқалиева, А. Әбдіғалиева, А. Жанекешова, Л. Нұрғалиева
ФИЛЬМДЕРДІ ҰСЫНУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ КЕЗІНДЕГІ КОЛЛАБОРАТИВТІК СҮЗГІЛЕУДІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ 445
С. Шармұханбет, Г. Тұрмұханова, О. Финдик, В. Махатова, М. Рахметов
ҚҰБЫРІШІЛІК РОБОТТЫ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ҚҰБЫР АҚАУЛАРЫН АНЫҚТАУДЫҢ ЗИЯТКЕРЛІК ЖҮЙЕСІ 461

АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН

С.З. Дәруіш, А.У. Утегенова, А.У. Калижанова, Ж.Ж. Жумабекова
ЗЫМЫРАН ТАСЫМАЛДАУШЫЛАРДЫҢ ҚҰЛАУ АЙМАҚТАРЫНЫҢ ЛАСТАНУЫН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУМЕН ЖІКТЕУ 480
С.Н. Исабаева, А.К. Рысбаева, Ж.Б. Ибраева, Н.Р. Муссабеков, Н.Ш. Акимжан
МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ НЕГІЗІНДЕ ОТ-ЖЕЛІЛЕРІНДЕГІ КИБЕРШАБУЫЛДАРДЫ АНЫҚТАУ: ЖЕЛІЛІК АНОМАЛИЯЛАРДЫ ЖІКТЕУ ӘДІСТЕРІНІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУЫ 495
Г.А. Шангытбаева, А.Н. Аманов, М.К. Исенова, Г.Е. Берикханова, Қ.О. Шакерхан
МЕМЛЕКЕТТІК ОРГАНДАРДЫҢ БҰЛТТЫ СЕРВИСТЕРІНДЕГІ АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК: ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАҒАЛАУ ЖӘНЕ ҚОРҒАУ СТРАТЕГИЯЛАРЫ 512
Е.Н. Турсынбек, Н. Албанбай, Д. Дженоури
IOT ЖЕЛІЛЕРІНДЕ КИБЕРШАБУЫЛДАРДЫ АНЫҚТАУ ҮШІН ЕКІ ДЕҢГЕЙЛІ ФЕДЕРАЦИЯЛАНҒАН ОҚЫТУДАҒЫ БАЙЛАНЫС ШЫҒЫНДАРЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ 529
А. Тастемиров, С.Т. Аманжолова, Б. Алдош, С.Б. Муханов
ACTIVE DIRECTORY ЖҮЙЕСІНДЕ ҚАУІПТЕРДІ АНЫҚТАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ МОДЕЛЬДЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ БАҒАЛАУ: WINDOWS ҚАУІПСІЗДІК ОҚИҒАЛАРЫ ЖУРНАЛДАРЫНДА БЕЛГІ ЖЫЛЫСТАУЫН БАҚЫЛАУ ЖӘНЕ КРОСС-СЦЕНАРЛЫҚ ВАЛИДАЦИЯ 545

СОДЕРЖАНИЕ
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВИТИИСОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А Адалбек, С.Е. Керимкулов, К.Д. Кулиев, О. Мекеш, Ж.Ж. Хамитова
РАЗРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТИВНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ СГЛАЖИВАНИЯ ДАННЫХ И АНАЛИЗ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ 11
А.Т. Искакова, Г.Е. Курманкулова, К. Громашек, К.О. Тогжанова, Р.С. Алгожаева
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО И ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ 30
А.Б. Касымова, Р.К. Ускенбаева, Ж.А.Сыдыков, Д. Омирзак, С. Калибеков
АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЧАТ-БОТА ДЛЯ SMART CITY: ПРИЁМ, АНАЛИЗ И МАРШРУТИЗАЦИЯ ОБРАЩЕНИЙ ГРАЖДАН НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА 46
О.М. Олжаев, Б.С. Омаров, A.Suliman
YOLO-CBAM: ЛЕГКОВЕСНАЯ НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ С ИНТЕГРИРОВАННЫМ МЕХАНИЗМОМ ВНИМАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ДОРОЖНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ 66
К. Ермагамбетова, А. Сарсекеева, Е. Ахласов
ПРЕОДОЛЕНИЕ ФРАГМЕНТАЦИИ В КЛАССИФИКАЦИИ ЦИФРОВОГО КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ:

ИНТЕГРАТИВНАЯ МНОГОМЕРНАЯ МОДЕЛЬ 78

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Д.Е. Абжанова, С.Е. Шарипова
АРХИТЕКТУРА И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ МОНИТОРИНГА И ОБМЕНА ДАННЫМИ О ТРАНСГРАНИЧНЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСАХ ЖАМБЫЛСКОГО РЕГИОНА 101
А. Айтанулы, О.А. Усатова
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДВУХФАКТОРНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЛАЧНЫХ МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ: ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ 122
О. Альсеитов, О. Кучанский
ФИЗИЧЕСКИ ИНФОРМИРОВАННОЕ ГИБРИДНОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ ПОЧАСОВОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ: МНОГОКОМПОНЕНТНЫЙ БЕНЧМАРК С ОЦЕНКОЙ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ И ПЕРЕНОСИМОСТЬЮ МОДЕЛЕЙ 141
А.М. Ахметова, Д.О. Байжанова, Ж.Н. Алишева, Б.А. Шаймов
АДАПТИВНЫЙ МАРШРУТИЗАТОР ВЫВОДА С УЧЕТОМ КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ МОДЕЛЕЙ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА 160
Ә.Қ. Әйтім
АВТОМАТИЧЕСКАЯ И ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКАЯ АННОТАЦИЯ КАЗАХСКИХ ТЕКСТОВЫХ КОРПУСОВ 180
Ж.Е. Балабаев, С.В. Белощицкая
РАСПОЗНАВАНИЕ РУКОПИСНОГО ТЕКСТА ШАГАТАЙСКИХ РУКОПИСЕЙ: СРАВНЕНИЕ ОБУЧЕНИЯ CRNN С НУЛЯ И ТРАНСФЕРНОГО ОБУЧЕНИЯ НА БАЗЕ ТРАНСФОРМЕРОВ 198
Д.Б. Баумуратова, Т.К. Жукабаева, К.А. Абдрахманов, З. Ахмад, А.А. Сеитов
НЕЙРО-ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ AI 219
Т. Даоюн, Г. Амирханова, Фу Яньвэй, Е. Фарузкызы
МЕХАНИЗМ ВЛИЯНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ СЕМАНТИЧЕСКОЙ МАНИПУЛЯЦИИ В ФЕЙКОВЫХ ВИДЕО НА ВОСПРИНИМАЕМОЕ ДОВЕРИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ 241
Ж. Доумчариева, Д. Тусупов, А. Акынбекова, М. Хасанова, М. Кассим
КЛАССИФИКАЦИЯ КАЧЕСТВА МОЛОКА В ЦИФРОВОМ ДВОЙНИКЕ АНСАМБЛЕВЫМИ И ГИБРИДНЫМИ МЕТОДАМИ 258
К.З. Игибаев, А.Х. Козбакова, О. Ауелбеков, Т. Мерембаев, К. Есентаев
ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДИНАМИЧЕСКОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ В БИОРЕАКТОРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ IoT 279
А. Н. Исмуканова, Г.Кощанова, Д.В. Плескачев, Ж.Сарсенбаева, П. Шмидт
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ НАУЧНЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАНСФОРМЕРНЫХ АРХИТЕКТУР И ГИБРИДНЫХ МЕТОДОВ 306
Т.Ж. Камалов, Али Абд. Альмисреб, Мохаммед А. Салех
ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ КВАНТОВО-КЛАССИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ 323
Б. Каримкызы, К.Г. Карасенко, Н.А. Алишеров, Н.М. Муратбек, А. Карим
КЛЮЧЕВЫЕ ПУБЛИКАЦИИ 2021–2025 ГОДОВ ПО МЕТОДАМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОИЗВОДСТВЕ И ДИАГНОСТИКЕ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ГЛИКЕМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА 338
С.К. Кумызбаева, К.Е. Багланбаев, К.С. Сарқыт, М.Ж. Конырова
ТРЁХФАЗОВОЕ ОБУЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ С КЛИМАТО-ОСВЕДОМЛЁННЫМ ПРЕДСТАВЛЕНИЕМ СОСТОЯНИЯ 357
Н.Е. Қарабаев, С.К. Серикбаева, Е. Бенкхелифа, Б. Тасуов
ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ АНСАМБЛЕВЫХ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ К СОСТЯЗАТЕЛЬНЫМ АТАКАМ В СИСТЕМАХ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ IOT-СЕТЕЙ 369
М. Нуртас, Г. Капышев
МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ И ИНТЕГРАЦИИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНО-

СТИ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ 392
А. Нефтиссов, А. Билощицкий, И. Казамбаев, А. Медетхан, Л. Кириченко
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ МИКРОКЛИМАТА В ГЕРМЕТИЧНЫХ АРХИВНЫХ ХРАНИЛИЩАХ 405
А.Ж. Омуртаева, У.Т. Махажанова, А.К. Адилова, Ш.К. Ележанова, Я.Култан
АДАПТИВНАЯ НЕЙРО-НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РИСКОВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ: МОДЕРНИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПОСРЕДСТВОМ ИНТЕГРАЦИИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ 421
Н. Шаждекеева, А. Муханбеткалиева, А. Абдигалиева, А. Жанекешова, Л. Нургалиева
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОЛЛАБОРАТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ФИЛЬМОВ 445
С. Шармуханбет, Г. Турмуханова, О.Финдик, В.Махатова, М. Рахметов
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ТРУБОПРОВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВНУТРИТРУБНОГО РОБОТА 461

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

С.З. Дәруіш, А.У. Утегенова, А.У. Калижанова, Ж.Ж. Жумабекова
МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАЙОНОВ ПАДЕНИЯ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ 480
С.Н. Исабаева, А.К. Рысбаева, Ж.Б. Ибраева, Н.Р. Муссабеков, Н.Ш. Акимжан
ОБНАРУЖЕНИЕ КИБЕРАТАК В ОТ-СЕТЯХ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ СЕТЕВЫХ АНОМАЛИЙ 495
Г.А. Шангытбаева, А.Н. Аманов, М.К. Исенова, Г.Е. Берикханова, Қ.О. Шакерхан
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСАХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОРГАНОВ: ОЦЕНКА РИСКОВ И СТРАТЕГИИ ЗАЩИТЫ 512
Е.Н. Турсынбек, Н. Албанбай, Д. Дженоури
ОПТИМИЗАЦИЯ КОММУНИКАЦИОННЫХ ЗАТРАТ В ДВУХУРОВНЕВОМ ФЕДЕРАТИВНОМ ОБУЧЕНИИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ КИБЕРАТАК В IOT-СЕТЯХ 529
А. Тастемиров, С.Т. Аманжолова, Б. Алдош, С.Б. Муханов
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ УГРОЗ В ACTIVE DIRECTORY: КОНТРОЛЬ УТЕЧКИ ПРИЗНАКОВ И КРОСС-СЦЕНАРНАЯ ВАЛИДАЦИЯ НА ЖУРНАЛАХ БЕЗОПАСНОСТИ WINDOWS 545

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES
ISSN 2708–2032 (print)
ISSN 2708–2040 (online)
Vol. 7. Is.3. Number 27 (2026). Pp. 30–45
Journal homepage: https://journal.iitu.edu.kz
https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.27.3.002
УДК 519.7.004

APPLICATION OF MACHINE LEARNING AND DEEP LEARNING FOR PREDICTIVE PLANNING AND RESOURCE EFFICIENCY IN PRODUCTION SYSTEMS

A.T. Iskakova[1]*, G.E. Kurmankulova[1], K. Gromaszek[2], K.O. Togzhanova[3], R.S. Algozhayeva[3]

[1]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;
[2]Lublin University of Technology, Lublin, Poland;
[3]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: iskakova.1977@mail.ru

Ainur Iskakova — 2nd-year doctoral student of the Department of Artificial Intelligence and Big Data, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan E-mail: iskakova.1977@mail.ru, https://orcid.org/0009-0008-4138-2240;
Gulzhan Kurmankulova — Candidate of Pedagogical Sciences, Acting Associate Professor of the Department of Artificial Intelligence and Big Data, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
https://orcid.org/0000-0003-1172-2394;
Konrad Gromaszek — Doctor of Technical Sciences, Professor, Lublin University of Technology, Lublin, Poland
https://orcid.org/0000-0002-3265-3714;
Kulzhan Togzhanova — PhD, Associate Professor, Head of the Department of Information Systems, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
https://orcid.org/0000-0003-1962-844X;
Raikhan Algozhayeva — Senior Lecturer of the Department of Information Systems, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
https://orcid.org/0000-0003-1575-5425.

© A.T. Iskakova, G.E. Kurmankulova, K. Gromaszek, K.O. Togzhanova, R.S. Algozhayeva

Abstract. The digitalization of manufacturing enterprises, combined with the integration of intelligent shop-floor devices and software systems into manufacturing execution systems (MES), has led to a sharp increase in available data. The extent to which enterprises can extract valuable information from big data and gain actionable insights is a decisive factor in developing management systems that optimize production and conserve resources. Machine learning and big data technologies are becoming increasingly widespread, finding applications in several critical areas of

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

planning and management. Cloud manufacturing enables the real-time deployment of these technologies, reducing implementation and deployment costs. In this regard, this paper considers the application of a machine learning approach to ensure information transparency and optimization of an object within a cloud environment. The primary objective of the work is to optimize energy consumption in production systems indirectly through efficient resource management and predictive modeling of equipment technological parameters. In the course of the study, hybrid models based on LSTM and CNN+LSTM are proposed for time-series forecasting. The proposed approach allows for the prevention of emergency shutdowns by predicting equipment overheating in advance, thereby reducing energy costs and increasing planning accuracy. Experimental results demonstrate the efficiency of the model and prove the prospects of its application in a real production environment.

Keywords: Cloud Manufacturing (CMfg), cloud computing, production processes, IoT (Internet of Things), Big Data, Machine Learning, Deep Learning, LSTM, CNN+LSTM, predictive maintenance, intelligent systems, data analytics, real-time monitoring, Digital Twin, production optimization

For citation: Iskakova A.T., Kurmankulova G.E., Gromaszek K., Togzhanova K.O., Algozhayeva R.S. (2026). Application of machine learning and deep learning for predictive planning and resource efficiency in production systems // International journal of information and communication technologies. Vol. 7. No. 27. Pp. 30–45. https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.27.3.002. (In Kaz.).

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

ӨНДІРІС ЖҮЙЕЛЕРІНДЕ БОЛЖАМДЫ ЖОСПАРЛАУ ЖӘНЕ РЕСУРСТАРДЫ ҮНЕМДЕУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕРЕҢ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНУ

А.Т. Искакова[1]*, Г.Е. Курманкулова[1], К. Громашек[2], К.О. Тогжанова[3], Р.С. Алгожаева[3]

[1]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;
[2]Люблин технологиялық университеті, Люблин, Польша;
[3]Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан.
E-mail: iskakova.1977@mail.ru

Искакова Айнур — Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, «Жасанды интеллект және Big Data» кафедрасының 2-курс докторанты, Алматы, Қазақстан
E-mail: iskakova.1977@mail.ru, https://orcid.org/0009-0008-4138-2240;
Курманкулова Гульжан — п.ғ.к., доцент м.а., Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, «Жасанды интеллект және Big Data» кафедрасы, Алматы, Қазақстан
https://orcid.org/0000-0003-1172-2394;
Громашек Конрад — т.ғ.д., профессор, Люблин технологиялық университеті, Люблин, Польша

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

https://orcid.org/0000-0002-3265-3714;
Тогжанова Кульжан — PhD, қауымдастырылған профессор, «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының меңгерушісі, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан
https://orcid.org/0000-0003-1962-844X;
Алғожаева Райхан — «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының сеньор-лекторы, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан
https://orcid.org/0000-0003-1575-5425.

© А.Т. Искакова, Г.Е. Курманкулова, К. Громашек, К.О. Тогжанова, Р.С. Алгожаева

Аннотация. Өндіріс орындарын цифрландыру және интеллектуалды цех құрылғылары мен бағдарламалық жүйелерді өндірісті басқару жүйелерінде (ӨБЖ) бірлесе қолдану, қолжетімді деректердің күрт өсуіне әкелді. Кәсіпорындардың үлкен деректерден құнды ақпараттарды алу және пайдалы түсініктеге қол жеткізу дәрежесі өндірісті оңтайландыратын және ресурстарды қорғайтын басқару жүйелерін құруда шешуші фактор болып табылады. Машиналық оқыту және үлкен деректер технологиялары барған сайын кең таралуда және жоспарлау мен басқарудың бірнеше маңызды салаларында қолданылуда. Бұлтты өндіріс бұл технологияларды нақты уақыт режимінде қолдануға мүмкіндік береді, енгізу және орналастыру шығындарын азайтады. Осыған байланысты, бұл мақалада бұлтты ортада объект туралы ақпараттарды және оны оңтайландыруды қамтамасыз ету үшін машиналық оқыту тәсілін қолдану қарастырылады. Жұмыстың негізгі мақсаты - өндірістік орталерде ресурстарды тиімді басқару және жабдықтардың технологиялық параметрлерін предиктивті модельдеу арқылы жаңама түрде энергия тұтынуды оңтайландыру болып табылады. Зерттеу барысында уақыттық қатарларды болжауға арналған LSTM және CNN+LSTM негізіндегі гибридті модельдер ұсынылады. Ұсынылған тәсіл жабдықтың қызып кетуін алдын ала болжай отырып, апаттық тоқтауларды болдырмауға, энергия шығынын азайтуға және жоспарлау дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді. Эксперименттік нәтижелер модельдің тиімділігін көрсетеді және оны нақты өндірістік ортада қолданудың перспективаларын дәлелдейді.

Түйінді сөздер: Cloud Manufacturing (CMfg), бұлтты есептеу, өндірістік процестер, IoT (Internet of Things), үлкен деректер (Big Data), машиналық оқыту (Machine Learning), терең оқыту (Deep Learning), LSTM, CNN+LSTM, predictive maintenance, интеллектуалды жүйелер, деректерді талдау, нақты уақыттағы мониторинг, цифрлық егіз (Digital Twin), өндірісті оңтайландыру

Дәйексөздер үшін: Искакова А.Т., Курманкулова Г.Е., Громашек К., Тогжанова К.О., Алгожаева Р.С. (2026). Өндіріс жүйелерінде болжамды жоспарлау және ресурстарды үнемдеу үшін машиналық және терең оқытуды қолдану // Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы. Т. 7. No. 27. Б. 30–45. https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.27.3.002. (Қаз. тіл.).

Мүдделер қақтығысы: Авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

жоқ деп мәлімдейді.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО И ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

А.Т. Искакова[1]*, Г.Е. Курманкулова[1], К. Громашек[2], К.О. Тогжанова[3], Р.С. Алгожаева[3]

[1]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;
[2]Люблинский технологический университет, Люблин, Польша;
[3]Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан.
E-mail: iskakova.1977@mail.ru

Искакова Айнур — докторант 2 курса кафедры «Искусственный интеллект и Big Data», Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
E-mail: iskakova.1977@mail.ru, https://orcid.org/0009-0008-4138-2240;
Курманкулова Гульжан — к.п.н., и.о. доцента кафедры «Искусственный интеллект и Big Data», Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
https://orcid.org/0000-0003-1172-2394;
Громашек Конрад — д.т.н, профессор, Люблинский технологический университет, Люблин, Польша
https://orcid.org/0000-0002-3265-3714;
Тогжанова Кульжан — PhD, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой информационных систем, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан
https://orcid.org/0000-0003-1962-844X;
Алгожаева Райхан — сеньор-лектор кафедры «Информационные системы», Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан
https://orcid.org/0000-0003-1575-5425.

© А.Т. Искакова, Г.Е. Курманкулова, К. Громашек, К.О. Тогжанова, Р.С. Алгожаева

Аннотация. Цифровизация производственных предприятий и совместное использование интеллектуальных цеховых устройств и программных систем в системах управления производством (СУП) привели к резкому росту объёма доступных данных. Степень способности предприятий извлекать ценные знания из больших данных и получать полезные инсайты является ключевым фактором при построении систем управления, направленных на оптимизацию производства и эффективное использование ресурсов. Технологии машинного обучения и больших данных находят всё более широкое применение в различных областях планирования и управления. Облачное производство (Cloud Manufacturing)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

позволяет использовать эти технологии в режиме реального времени, сокращая затраты на внедрение и развертывание. В связи с этим в данной статье рассматривается применение подхода машинного обучения для обеспечения информационной прозрачности объекта и его оптимизации в облачной среде. Основная цель работы заключается в оптимизации энергопотребления в производственных системах косвенным путем – посредством эффективного управления ресурсами и предиктивного моделирования технологических параметров оборудования. В ходе исследования для прогнозирования временных рядов предложены гибридные модели на основе LSTM и CNN+LSTM. Предложенный подход позволяет предотвратить аварийные остановки за счет заблаговременного прогнозирования перегрева оборудования, снизить затраты энергии и повысить точность планирования. Экспериментальные результаты демонстрируют эффективность модели и доказывают перспективы ее применения в реальной производственной среде.

Ключевые слова: Cloud Manufacturing (CMfg), облачные вычисления, производственные процессы, IoT, большие данные, машинное обучение, глубокое обучение, LSTM, CNN+LSTM, predictive maintenance, интеллектуальные системы, анализ данных, мониторинг в режиме реального времени, цифровой двойник, оптимизация производства

Для цитирования: Искакова А.Т., Курманкулова Г.Е., Громашек К., Тогжанова К.О., Алгожаева Р.С. (2026). Применение методов машинного и глубокого обучения для прогнозного планирования и ресурсосбережения в производственных системах // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. Т. 7. No. 27. Стр. 30–45. https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.27.3.002. (На каз.).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Кіріспе.

Қазіргі заманғы өнеркәсіптік жүйелердің күрделене түсуі өндірістік ресурстарды басқарудың интеллектуалды тәсілдерін енгізуді талап етеді. Әсіресе энергия тұтынуды тиімді жоспарлау өндірістік шығындарды азайтып, технологиялық жабдықтардың сенімді жұмысын қамтамасыз етудің негізгі факторларының бірі болып табылады. Жабдықтардың электр энергиясын артық тұтынуы көбіне олардың механикалық тозуына, өндірістік жүктеменің теңгерімсіз бөлінуіне және технологиялық режимдердің бұзылуына байланысты болады. Осыған байланысты үлкен деректерді талдау және машиналық оқыту әдістерін қолдану өндірістік процестердегі жасырын заңдылықтарды анықтап, ресурстарды басқару тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Соңғы жылдары өндірістік процестерді интеллектуалды басқаруда Machine Learning және Deep Learning әдістері кеңінен қолданылып келеді. Әсіресе уақыттық қатарларды өңдеуге негізделген LSTM және CNN+LSTM модельдері өндірістік жабдықтардың күйін болжау, энергия тұтынуды талдау және ақауларды ерте анықтау міндеттерінде жоғары тиімділік көрсетуде. Сонымен қатар

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

бұлттық есептеулердің (Cloud Manufacturing) және IoT технологияларының дамуы өндірістік жабдықтардан нақты уақыт режимінде үлкен көлемдегі деректерді жинауға және өңдеуге мүмкіндік береді. Дегенмен қолданыстағы зерттеулердің басым бөлігі жеке міндеттерді ғана қарастырып, ресурстарды басқару, энергия тиімділігі және жабдық күйін болжауды бірыңғай интеллектуалды жүйеде біріктіруге жеткілікті көңіл бөлмейді.

Осы зерттеудің мақсаты–өндірістік ортадағы технологиялық жабдықтардың температуралық режимін болжау негізінде ресурстарды тиімді басқаруға арналған интеллектуалды тәсілді әзірлеу. Ұсынылған әдіс IoT сенсорларынан алынатын үлкен деректерді, Cloud Manufacturing архитектурасын және LSTM/CNN+LSTM негізіндегі терең оқыту модельдерін біріктіреді. Бұл өндірістік ресурстарды тиімді жоспарлауға, энергия тұтынуды оңтайландыруға, жабдықтардың жұмыс режимін бақылауға және ықтимал ақауларды алдын ала анықтауға мүмкіндік береді.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы Cloud Manufacturing, IoT және Big Data технологияларын терең оқыту модельдерімен кешенді біріктіру арқылы өндірістік ресурстарды интеллектуалды басқарудың жаңа тәсілін ұсынуында жатыр. Ұсынылған тәсіл нақты уақыт режимінде өндірістік деректерді өңдеп, жабдықтардың температуралық режимін жоғары дәлдікпен болжайды, ресурстарды адаптивті түрде қайта жоспарлауға және болжамды техникалық қызмет көрсету (Predictive Maintenance) механизмдерін жүзеге асыруға мүмкіндік береді. LSTM моделі уақыттық қатарлардағы ұзақ мерзімді тәуелділіктерді тиімді анықтайтындықтан негізгі модель ретінде таңдалды, ал GRU, ARIMA, XGBoost және CNN+LSTM модельдері салыстырмалы бағалау үшін пайдаланылды.

Зерттеу барысында өнеркәсіптік жабдықтарға орнатылған IoT сенсорлары мен SCADA/MES өндірістік жүйелерінен жиналған нақты өндірістік деректер пайдаланылды. Эксперименттер жүргізу үшін осы деректер негізінде арнайы деректер жиынтығы қалыптастырылды. Жиналған ақпарат өндірістік процестердің нақты жұмыс режимдерін сипаттайды және ұсынылған модельдерді оқыту мен олардың тиімділігін бағалау үшін қолданылды.

Зерттеудің белгілі бір шектеулері бар. Ұсынылған модель нақты өндірістік деректер негізінде әзірленіп, тексерілгенімен, алынған нәтижелер қолданылған жабдықтың техникалық ерекшеліктері мен өндірістік процестің сипатына байланысты өзгеруі мүмкін. Сондықтан бұл тәсілді басқа өндіріс салаларында қолдану кезінде модельді қайта оқыту немесе жаңа деректерге бейімдеу қажет болуы ықтимал. Сонымен қатар болжау дәлдігі оқыту үшін пайдаланылған деректердің көлеміне, сапасына және толықтығына тікелей тәуелді. Сенсорлардан келетін деректердегі шу, жетіспейтін мәндер немесе өндірістік процестегі күтпеген өзгерістер модельдің жұмыс тиімділігіне белгілі бір деңгейде әсер етуі мүмкін. Осыған байланысты алдағы зерттеулерде әртүрлі өндірістік кәсіпорындардың деректерін пайдалану, модельдің тұрақтылығы мен сенімділігін арттыру, сондай-ақ оның әртүрлі өндірістік жағдайларда жалпылау мүмкіндігін жан-жақты бағалау жоспарланып отыр.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

Зерттеудің негізгі үлесі нақты уақыт режимінде өндірістік деректерді өңдеуге негізделген және үлкен деректер мен машиналық оқыту алгоритмдерін біріктіретін гибридті басқару тәсілін әзірлеу болып табылады.

Әдістер мен материалдар.

Зерттеу барысында өндірістік ортадағы ресурстарды ұтымды пайдалану және энергия тиімділігін арттыру мақсатында технологиялық жабдықтардың температурасын болжау міндеті қарастырылды. Кіріс деректері ретінде келесі параметрлер қолданылды: ағымдағы температура, өндірістік жүктеме, уақыт факторы және өндіріс көлемі.

Уақыттық қатарларды өңдеу үшін рекуррентті нейрондық желі – LSTM және гибридті модельдер өндірістік орталерде тиімді қолданылуда (Wang et al., 2020; Han et al., 2020). Бұл модельдер ұзақ мерзімді тәуелділіктерді тиімді анықтауға мүмкіндік береді.

Модельдің жалпы математикалық көрінісі төмендегідей:

$$y_t = f(x_t, x_{t-1}), \dots, x_{t-n}$$

мұндағы $\mathbf{x_t}$ – кіріс параметрлері, ал y_t – модельдің шығысы, яғни алдағы уақыт мезетіндегі болжанатын жабдық температурасы (°C).

Эксперименттік зерттеу жүргізу үшін өндірістік ортадағы технологиялық жабдықтардың SCADA/MES жүйелерінен және IoT сенсорларынан алынған мәліметтер негізінде арнайы деректер жиынтығы қалыптастырылды. Оның құрамына температура, вибрация көрсеткіштері, өндірістік тораптардың жүктемесі, энергия тұтыну деңгейі және уақыттық параметрлер енгізілді. Жалпы алғанда, деректер жиынтығы 12 000–нан астам уақыттық жазбаларды қамтыды.

Мәліметтерді жинау процесі алты ай бойы бес минуттық интервалмен жүргізілді. Ақпарат нақты уақыт режимінде өндірістік ортада орнатылған интеллектуалды сенсорлық модульдер мен бұлттық мониторинг платформасы арқылы алынды. Мониторинг жүргізу үшін DS18B20 және PT100 RTD температура сенсорлары, BMP280 қысым датчигі, ADXL345 акселерометрі, DHT22 ылғалдылық сенсоры және PZEM–004T энергия тұтынуын бақылау модулі пайдаланылды.

Сенсорлардың өлшеу диапазоны, дәлдігі және деректерді беру жиілігі зерттеу талаптарына сәйкес таңдалып, өндірістік жағдайды жоғары дәлдікпен сипаттауға мүмкіндік берді.

Өндірістік ортаның ерекшеліктері де ескерілді: үздіксіз жұмыс режимі, жабдық жүктемесінің өзгермелілігі, көпфакторлы технологиялық процесс және сыртқы орта әсерлері. Осы факторлар алынған деректердің күрделілігін арттырып, модельдің нақты өндірістік жағдайға бейімделуін қамтамасыз етті.

Алдын ала өңдеу кезеңінде деректер сапасын арттыруға бағытталған бірнеше қадам жүзеге асырылды. Атап айтқанда, жетіспейтін мәндер жойылып, кездейсоқ шуылдар сүзгіден өткізілді. Сонымен қатар Min-Max scaling әдісі арқылы нормализация жүргізіліп, LSTM моделіне қажетті уақыттық терезелер қалып-

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

тастырылды. Ағындық деректерді агрегаттау да осы кезеңде орындалды. Бұл қадамдар модельдің тұрақты жұмысын қамтамасыз етіп, болжау дәлдігін арттыруға ықпал етті.

Зерттеудің сенімділігі мен қайта өндірілуін қамтамасыз ету үшін деректер 80% оқыту және 20% тестілеу жиынтықтарына бөлінді, бастапқы кездейсоқ мән (random seed) бастапқы мәндері бекітіліп, оқыту және тестілеу жиынтықтарына бөлу (train/test split) схемасы тұрақты түрде қолданылды және 5-fold cross-validation әдісі пайдаланылды. Барлық модельдер бірдей аппараттық ресурстар негізінде оқытылып, параметрлердің біріздігі сақталды.

LSTM моделінің параметрлері келесідей таңдалды: екі жасырын қабат, сәйкесінше 64 және 32 нейрон, белсендіру функциясы ретінде ReLU, оңтайландыру алгоритмі ретінде Adam қолданылды. Оқыту жылдамдығы (learning rate) мәні 0,001-ге, пакет өлшемі (batch size) 32–ге, ал оқыту эпохаларының саны 100-ге тең етіп орнатылды. Модельді оқыту барысында шығын функциясы ретінде орташа квадраттық қате (Mean Squared Error, MSE) қолданылды.

CNN+LSTM моделінде Conv1D сверткіш қабаты мен MaxPooling1D қабаты қолданылды. LSTM қабатындағы нейрондар саны 64–ке тең болды, dropout коэффициенті 0,2 ретінде таңдалды. Бұл модельде де оңтайландыру үшін Adam алгоритмі пайдаланылды.

Ұсынылған модельдердің тиімділігін бағалау үшін салыстырмалы талдау жүргізілді. Зерттеу барысында ұсынылған тәсіл ARIMA, XGBoost, GRU және CNN+LSTM сияқты кең таралған базалық алгоритмдермен салыстырылды. Салыстыру нәтижелері модельдердің болжау дәлдігін, тұрақтылығын және өндірістік процестерді талдау тиімділігін анықтауға мүмкіндік берді. Нәтижелер төмендегі кестеде көрсетілген.

Кесте 1. Модельдердің жабдық температурасын болжау дәлдігін салыстыру нәтижелері

Модель	MAE	RMSE	R^2
ARIMA	3.84	4.91	0.79
XGBoost	2.17	2.94	0.88
GRU	1.26	1.73	0.93
CNN+LSTM	0.97	1.51	0.95
Ұсынылған LSTM	0.84	1.42	0.96

Алынған нәтижелер ұсынылған модельдің дәстүрлі статистикалық әдістермен және басқа ML/DL модельдерімен салыстырғанда болжау дәлдігінің жоғары екенін көрсетті. Бұл оның өндірістік ортадағы технологиялық жабдықтардың температуралық режимін сенімді болжауға жарамды екенін дәлелдейді.

Нәтижелердің статистикалық тұрақтылығы модельді бірнеше рет қайта оқыту және кросс-валидация әдістерін қолдану арқылы тексерілді. Эксперимент қорытындылары бойынша нәтижелердің орташа ауытқуы 3–5% аралығынан аспады. Бұл ұсынылған тәсілдің сенімділігін, тұрақтылығын және практикалық

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

қолдануға жарамдылығын көрсетеді.

Болжамды техникалық қызмет көрсету міндетін жүзеге асыру мақсатында технологиялық жабдық температурасының алдын ала белгіленген шекті мәннен (осы зерттеуде – 80°C) жоғары көтерілуі аномалиялық жағдай ретінде қабылданды. Ұсынылған модель мұндай аномалияларды алдын ала анықтауға және техникалық қызмет көрсету қажеттілігі туралы ескерту қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Нәтижелер және оларды талқылау.

Жүргізілген эксперименттер нәтижесінде ұсынылған модель өндірістік орталардағы жабдық күйін жоғары дәлдікпен болжай алатыны анықталды. Осы технологиялық болжамға сүйене отырып, өндірісті басқаруға қатысты бірнеше тиімді шешімдер қабылданды. Атап айтқанда, жабдықтың қызып кету қаупі алдын ала анықталып, өндірістік жүктеме уақыт бойынша қайта бөлініп, осылайша энергияны көп тұтынатын жабдықтар оңтайлы жұмыс режиміне көшірілді.

Энергияны үнемдеу көрсеткіші болжамды басқару жүйесі қолданылған және қолданылмаған жағдайдағы жабдықтың жалпы энергия тұтынуын салыстыру арқылы анықталды. Ұсынылған LSTM моделі жабдықтың қызып кету ықтималдығын алдын ала болжауға мүмкіндік берді. Соның нәтижесінде өндірістік жүктеме тиімді жоспарланып, технологиялық операциялар оңтайлы бөлінді, шектен тыс жүктемелер азайып, апатты тоқтаулардың алдын алу мүмкін болды. Алты айлық тәжірибе барысында энергия тұтынудың жабдықтың жұмыс режиміне қарай 10–25 % төмендейтіні байқалды.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, ұсынылған болжамды басқару тәсілі өндірістік жабдықтың жылулық режимін тиімді бақылауға және өндірістік жүктемені оңтайландыру арқылы энергия шығынын 10–25 % аралығында азайтуға мүмкіндік береді.

Ұсынылған архитектура (Сурет 1) интеллектуалды жүйені жобалау мен енгізудің толық функционалдық архитектурасын сипаттайды. Архитектурада деректерді жинау, алдын ала өңдеу, модельді оқыту, жүйеге енгізу және нақты уақыт режимінде нәтижелерді түзету кезеңдері біртұтас көпсатылы процесс ретінде көрсетілген.

Жүйені әзірлеудің бастапқы кезеңінде пәндік облысқа талдау жүргізіліп, шешілетін мәселенің негізгі шекаралары, функционалдық талаптары және қолдану сценарийлері анықталады. Осыдан кейін әртүрлі ақпарат көздерінен құрылымдалған және құрылымдалмаған деректер жиналып, олар кейінгі талдау мен модель құру процесінің бастапқы деректер қоры ретінде пайдаланылады.

Келесі кезеңде интеллектуалды басқару жүйесінің архитектурасы жобаланып, оның негізгі модульдері мен компоненттері арасындағы өзара байланыс қалыптастырылады. Осы архитектура негізінде CNN, LSTM сияқты машиналық оқыту мен нейрондық желілерге сүйенген модельдер таңдалып, жүйенің математикалық моделі жасалады.

Әзірленген модельдер бағдарламалық ортада іске асырылып, оқыту және тестілеу кезеңдерінен өтеді. Бұл кезеңде модельдердің дәлдігі, тұрақтылығы

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

және жұмыс тиімділігі бағаланып, параметрлері оңтайландырылады. Кейін жүйе нақты өндірістік ортаға енгізіліп, деректер ағынын өңдеу және шешім қабылдау модульдерімен біріктіріледі.

Жүйенің келесі деңгейінде бейне немесе сигналдарды өңдеу жүзеге асырылады. Бұл интеллектуалды талдау процесінің маңызды бөлігі болып саналады. Алынған нәтижелер негізінде критикалық нүктелер анықталып, олардың маңыздылық деңгейі бағаланады. Егер қабылданған шешімдер қойылған талаптарға сәйкес келмесе, жүйе автоматты түрде қайта есептеу немесе параметрлерді түзету механизмін іске қосады.

Жалпы алғанда, ұсынылған архитектура деректерді көпсатылы өңдеуге, интеллектуалды талдауға және адаптивті басқаруға негізделген кешенді жүйенің құрылымын сипаттайды. Мұндай тәсіл қазіргі заманғы интеллектуалды басқару жүйелерінде, әсіресе өндірістік процестерді автоматтандыру мен цифрлық модельдеу саласында кеңінен қолданылады.

Берілген архитектура өндірістік жабдықтардың жағдайын бақылауға және predictive maintenance қағидалары негізінде алдын ала техникалық қызмет көрсетуді ұйымдастыруға арналған мониторинг жүйесінің интерфейсін көрсетеді. Жүйе нақты уақыт режимінде сенсорлардан келетін мәліметтерді тіркеп, оларды аналитикалық өңдеуге жібереді.

Интерфейсте температура, вибрация, қысым, электр тогы, жүктеме деңгейі сияқты негізгі технологиялық параметрлер көрсетілген. Бұл көрсеткіштер өндірістік жабдықтың ағымдағы техникалық күйін сипаттап, оның сенімділігін бағалауға мүмкіндік береді.

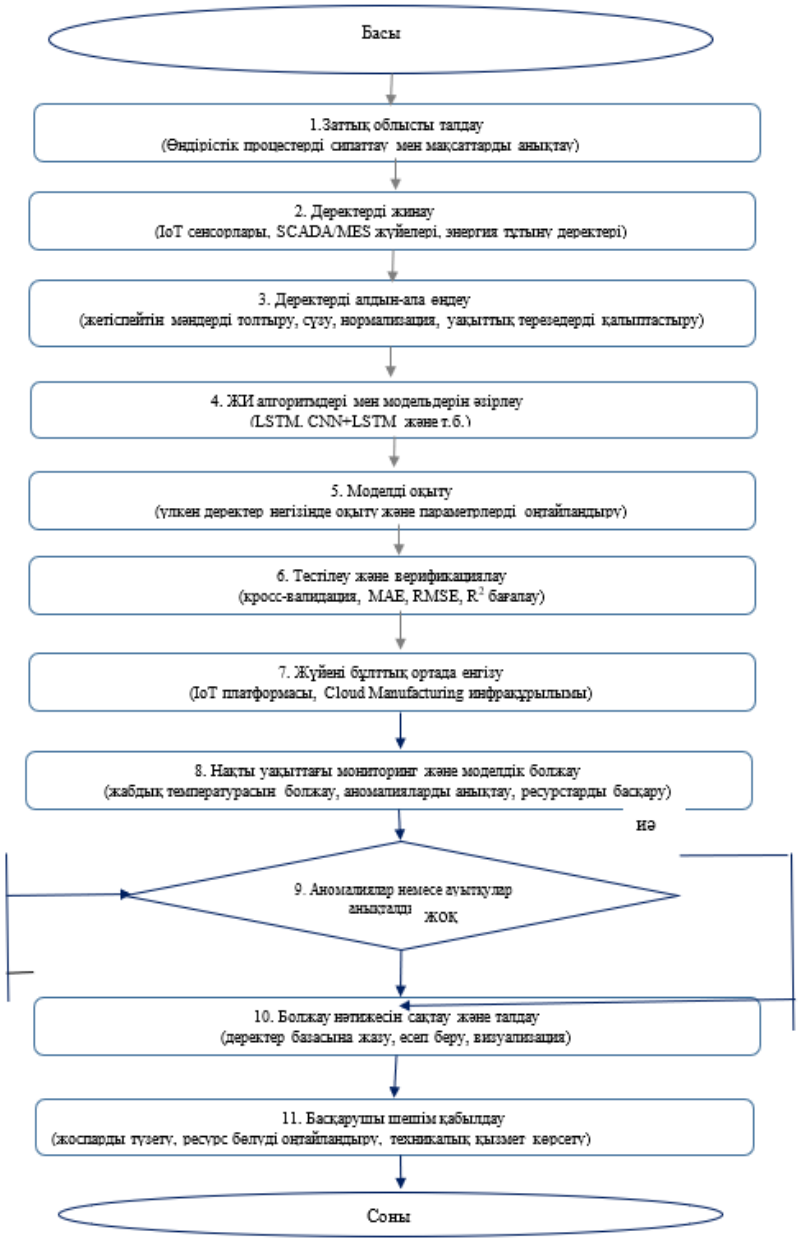
Төменгі бөлікте орналасқан графиктер параметрлердің уақыт бойынша өзгеру динамикасын бейнелейді. Температура мен вибрация көрсеткіштерінің трендтері жабдықтың қалыпты немесе ауытқулы режимдерін анықтауға көмектеседі. Мысалы, белгілі бір уақыт аралығында параметрлердің күрт өзгеруі жүйедегі артық жүктемені немесе ықтимал ақаудың пайда болуын көрсетуі мүмкін.

Жүйенің негізгі мақсаты — IoT технологиялары арқылы жиналған мәліметтерді орталықтандырылған түрде визуализациялау және машиналық оқыту алгоритмдеріне арналған бастапқы деректер қорын қалыптастыру. Осы деректер негізінде болашақтағы істен шығуларды болжау, ақауларды ерте анықтау және өндірістік процестердің тиімділігін арттыру жүзеге асырылады.

Осылайша, бұл жүйе интеллектуалды өндірістік мониторингтің бастапқы деңгейін сипаттайды және деректерді жинау, өңдеу және талдау тізбегінің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады.

2-суретте модель жұмысына әсер ететін нақты уақыттағы IoT датчиктерінен алынған кіріс параметрлерінің көрсеткіштері берілген. Бұл параметрлер интеллектуалды жүйенің ағымдағы орта жағдайын талдауына және өндірістік процестердің күйін бағалауына мүмкіндік береді.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License



Сур. 1. Өндірістік процестерді интеллектуалды басқару жүйесінің архитектурасы

Бұл зерттеуде аномалия ретінде өндірістік жабдықтың қалыпты жұмыс режимінен ауытқуы қарастырылды. Температураның технологиялық шекті мәннен жоғарылауы, вибрация деңгейінің күрт өзгеруі немесе энергия тұтынудың қалыпты диапазоннан шығуы ықтимал ақаудың белгісі ретінде бағаланды. Мұндай жағдайлар анықталған кезде жүйе алдын ала ескерту қалыптастырып, техникалық қызмет көрсету жұмыстарын жоспарлауға мүмкіндік береді.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License



Сур. 2. IoT датчиктерінен нақты уақыттағы жабдық мониторингі

Атап айтқанда, температура көрсеткіші T=72,4°C мәніне тең, бұл жүйенің қалыпты жұмыс режиміндегі жылулық жағдайын сипаттайды. Сонымен қатар, жүйенің механикалық тұрақтылығын бақылау үшін маңызды болып табылатын вибрация көрсеткіші 1,85 мм/с мәнін көрсетіп тұр. Өндірістік ортаның акустикалық фонын бағалауға мүмкіндік беретін дыбыс деңгейі 65,8 дБ деңгейінде тіркелген.

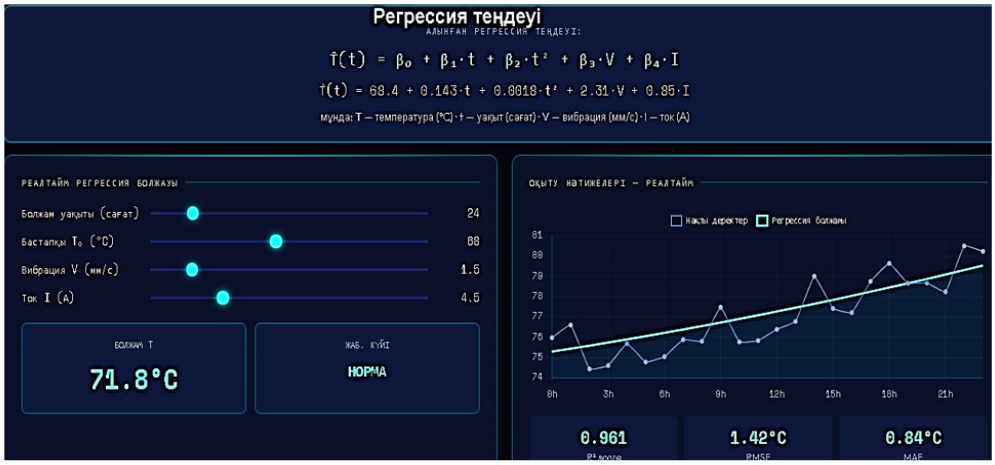
Жабдықтың электрлік жүктемесін сипаттайтын электр тогының күші 4,21 А мәніне тең. Аталған параметр энергия тұтынуды тікелей сипаттайтындықтан, ақауларды ерте анықтауда негізгі рөл атқарады.

Осы кіріс параметрлері жүйеге нақты уақыт режимінде түсіп отырады және кейін машиналық оқыту модельдері арқылы өңделіп, өндірістік процестердің жағдайын болжау мен интеллектуалды басқару шешімдерін қабылдау үшін пайдаланылады.

Сурет 3-те ұсынылған LSTM моделінің жұмыс интерфейсі мен оның болжау нәтижелері бейнеленген. Интерфейстің төменгі бөлігінде жүйенің нәтижелік температурасы 71,8°C екені көрсетілген. Сонымен қатар жүйе күйі «НОРМА» ретінде белгіленген, бұл өндірістік жабдықтың қалыпты жұмыс режимінде жұмыс істеп тұрғанын білдіреді. Аталған блок жүйенің ағымдағы жағдайын бақылауға және басқару шешімдерін жедел қабылдауға мүмкіндік береді.

Бұл зерттеуде LSTM моделі уақыттық қатарлардағы ұзақ мерзімді байланыстарды тиімді үйрену қабілетіне байланысты таңдалды. Сонымен қатар ол өндірістік процестерге тән күрделі және сызықтық емес өзгерістерді сенімді түрде сипаттай алады. GRU моделі есептеу жағынан жеңіл болғанымен, күрделі динамикалық процестерді бейнелеуде LSTM-нің мүмкіндігі жоғарырақ. Transformer моделі үлкен көлемдегі деректер мен қуатты есептеу ресурстарын талап етеді, ал TCN көбіне тұрақты ұзындықтағы уақыт терезелерімен жұмыс істегенде тиімді нәтиже береді. Сондықтан өндірістік деректердің көлемі мен зерттеу мақсатын ескере отырып, LSTM моделі дәлдік пен есептеу күрделілігінің оңтайлы үйлесімін қамтамасыз ететін әдіс ретінде таңдалды.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License



Сур. 3. Ұсынылған LSTM моделінің жұмыс интерфейсі

Осылайша, ұсынылған гибридті архитектурада Conv1D қабаты кеңістіктік ерекшеліктерді бөліп алса, LSTM қабаты уақыттық тәуелділіктерді модельдейді. Сондықтан бұл жұмыста «гибридті модель» ұғымы CNN және LSTM нейрондық желілерінің бір архитектурада біріктірілуін білдіреді.

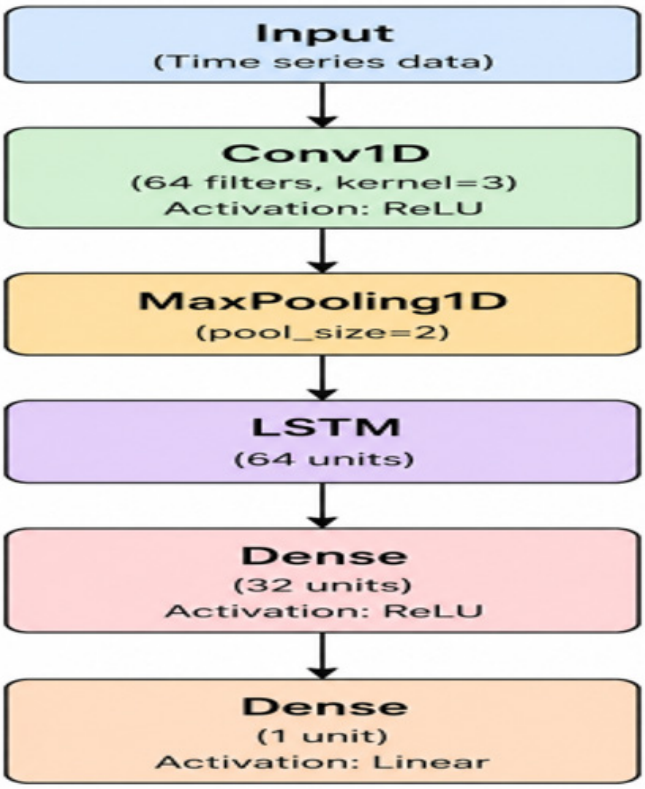
4-суретте ұсынылған CNN–LSTM моделінің құрылымы берілген. Алдымен уақыттық қатарлар Conv1D қабатында өңделіп, маңызды белгілер анықталады. MaxPooling1D қабаты деректердің өлшемін ықшамдайды. Бұдан кейін LSTM қабаты уақыт бойынша тәуелділіктерді талдап, алынған ақпарат толық байланысқан Dense қабаттары арқылы өңделеді. Соңғы Dense(1) қабаты болжанатын көрсеткіштің мәнін шығарады. Бұл архитектура кеңістіктік ерекшеліктер мен уақыттық тәуелділіктерді қатар қарастыру арқылы болжау сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.

MAE, RMSE және R^2 көрсеткіштері 5-fold cross-validation нәтижелерінің орташа мәндері ретінде есептелді.

Графикте регрессиялық модель нәтижелері уақыт бойынша трендтік болжам түрінде көрсетілген. Көк сызық нақты өлшенген мәндерді сипаттаса, жасыл сызық регрессиялық модель арқылы алынған болжам нәтижелерін көрсетеді. Графиктен жүйеде жалпы өсу тенденциясының байқалатынын және нақты деректер мен модель нәтижелерінің бір-біріне өте жақын орналасқанын көруге болады. Бұл модельдің болжау дәлдігінің жоғары екенін дәлелдейді.

Төменгі бөлікте модель сапасын сипаттайтын негізгі көрсеткіштер берілген. Атап айтқанда, 0,961 мәні модельдің сәйкестік коэффициентін (R^2) сипаттайды және модель нәтижесінің нақты деректерге жоғары деңгейде сәйкес келетінін көрсетеді. Орташа абсолюттік қате MAE = 0,84°C болса, RMSE көрсеткіші 1,42°C мәніне тең. Бұл нәтижелер модельдің тұрақтылығы мен сенімділігін растайды.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License



Сур. 4. CNN–LSTM гибридті моделінің архитектурасы

Жалпы алғанда, ұсынылған интерфейс көпфакторлы деректерді өңдеуге, регрессиялық модельдер негізінде температура немесе энергия тұтыну динамикасын болжауға және нақты әрі болжамды мәндерді салыстыру арқылы жүйенің тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді. Мұндай шешім Big Data технологиялары мен интеллектуалды мониторинг қағидаларына негізделген өндірістік немесе энергетикалық басқару жүйесінің прототипі ретінде қарастырылуы мүмкін.

Cloud Manufacturing (CMfg) өндірістік ресурстарды бірыңғай бұлттық ортада біріктіріп, оларды тиімді басқаруға мүмкіндік береді. Бұл жүйе MES платформасымен ықпалдасып, өндірісті жоспарлау, техникалық қызмет көрсету және ресурстарды басқару процестерін қолдайды. Сонымен қатар жабдықтар, бағдарламалық қамтамасыз ету, деректер мен есептеу ресурстары Manufacturing-as-a-Service (MaaS) қағидаты бойынша қызмет ретінде ұсынылады. Осындай тәсіл өндірістік ресурстарды ұтымды пайдалануға, энергия тұтынуын оңтайландыруға және машиналық оқыту негізінде жабдықтың техникалық жағдайын алдын ала бағалауға мүмкіндік береді.

Бұлттық инфрақұрылым жасанды интеллект пен машиналық оқыту модельдерін енгізуді де жеңілдетеді. LSTM, CNN және гибридті CNN+LSTM модельдері үлкен көлемдегі өндірістік деректер негізінде оқытылып, нақты уақыт режимінде шешім қабылдау жүйелерінде қолданылады.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

Жүргізілген эксперименттер барысында бұлтты есептеу ресурстарын пайдалану деректерді өңдеу жылдамдығын арттырып, LSTM және CNN+LSTM модельдері болжау дәлдігін жақсартқаны анықталды. MAE және RMSE көрсеткіштері ұсынылған тәсілдің сенімді әрі практикалық қолдануға жарамды екенін растады. Сонымен қатар ұсынылған тәсіл өндірістік жабдықтардың ықтимал істен шығуын алдын ала болжауға, техникалық қызмет көрсету шығындарын азайтуға, өндірістік процестердің үздіксіздігін қамтамасыз етуге және ресурстарды тиімді басқаруға мүмкіндік береді. Алынған нәтижелер CMfg негізіндегі интеллектуалды бұлттық жүйелердің өндірістің цифрлық трансформациясында маңызды рөл атқаратынын көрсетті.

Қорытынды.

Ұсынылған шешімнің басты ерекшелігі — болжамды талдау, интеллектуалды ресурстарды басқару және бұлттық есептеу технологияларын бірыңғай цифрлық өндірістік ортада өзара байланыстыра қолдану мүмкіндігі. Бұл өндірістік орталардың тиімділігін арттырып қана қоймай, олардың сенімділігі мен икемділігін де күшейтеді.

Эксперимент барысында температура, вибрация және жүктеме сияқты негізгі технологиялық параметрлердің уақыт бойынша өзгерісі талданды. Нәтижесінде қалыпты және ауытқулы жұмыс режимдері арасындағы айырмашылықтар анық байқалды. Әсіресе көрсеткіштердің күрт төмендеуі немесе жоғарылауы жабдықтағы ықтимал ақауларды ерте кезеңде болжауға мүмкіндік беретіні дәлелденді.

Болашақ зерттеулер шеңберінде әзірленген гибридті модельдерді өндірістің өзге де технологиялық параметрлерін (мысалы, діріл деңгейі мен қысым аномалияларын) болжауға бейімдеу және бұлттық жүйенің киберқауіпсіздік деңгейін арттыру мәселелерін қарастыру жоспарлануда.

REFERENCES

Andronie M. et al. (2023). “Big data management algorithms, deep learning-based object detection technologies, and geospatial simulation in the Internet of robotic things”, ISPRS Int. J. Geo-Inf. — Vol. 12. — No. 2. — Pp. 35. [In Eng.].

Bai H. et al. (2025). “Energy optimization model for enterprise production based on deep learning” // Int. J. Computational Intelligence Systems. [In Eng.].

Ekwaro-Osire H. et al. (2025). “Manufacturing process energy consumption modeling” // Journal of Intelligent Manufacturing. [In Eng.].

Glücker P. et al. (2026). “Optimization of industrial energy systems for voltage support” // Computers & Chemical Engineering. [In Eng.].

Gunaratne M. et al. (2026). “A digital twins platform for digital manufacturing” // Electronics. — Vol. 15. [In Eng.].

Han M. et al. (2026). “Dynamic graph attention for industrial energy systems” // Journal of Energy Storage. [In Eng.].

Kougioumtzidis G. et al. (2025). “Deep reinforcement learning-based resource allocation for QoE enhancement in wireless VR communications” // IEEE Access. [In Eng.].

Le T., Vinh L. Q., and Pham V. H. (2025). “VR/AR robotics-assisted deep reinforcement learning for smart manufacturing” // Sensors. — Vol. 25. [In Eng.].

Lu Y. et al. (2026). “Energy-efficient job shop scheduling in renewable energy manufacturing” // Machines. — Vol. 14. [In Eng.].

Leon-Medina J. X. et al. (2025). “Forecasting energy demand in manufacturing: A data-driven approach”

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

// Sensors. — Vol. 25. [In Eng.].

Madaminova B. et al. (2025). "Multi-objective optimization for energy efficiency and production scheduling using reinforcement learning" // Int. J. Industrial Engineering and Management. [In Eng.].

Morariu C., Morariu O., Răileanu S., and Borangiu T. (2020). "Machine learning for predictive scheduling and resource allocation in large-scale manufacturing systems" // Computers in Industry. DOI: 10.1016/j.compind.2020.103244. [In Eng.].

Scientific Reports. [In Eng.].

Tsai C. H. et al. (2026). "AI-assisted manufacturing execution systems for real-time production management" // Future Technology. [In Eng.].

Wang L. et al. (2022). "Augmented reality-assisted prognostics system based on deep learning for IoT manufacturing" // Sensors. — Vol. 22. [In Eng.].

Wang W. et al. (2026). "IoT-enabled AI framework using BiLSTM for eco-efficient production",

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Собственник:
АО «Международный университет информационных технологий» (Казахстан, Алматы)

Главный редактор:
Колесникова Катерина Викторовна

Ответственный редактор:
Мрзабаева Раушан Жалиевна

Компьютерная верстка:
Калабай Замзагуль Ертугановна

Сайт журнала: https://journal.iitu.edu.kz
ISSN 2708–2032 (print)
ISSN 2708–2040 (online)

Подписано в печать 30.09.2026.
050040 г. Алматы, ул. Манаса 34/1, каб. 709, тел: +7 (727) 244-51-09).

Издание АО "Международного университета информационных технологий"