

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



**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION
TECHNOLOGIES**

Published since 2020.
Volume 7. 2 (26). 2026
April–June

**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ
ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ**

2020 жылдан бері шығарылады
Том 7. 2 (26). 2026
Сәуір-Маусым

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Издается с 2020 г.
Том 7. 2 (26). 2026
Апрель-Июнь

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 Rysbauly — 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)

Bakhtgerci 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)
Луччо 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)
Рысбайұлы Болатбек — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Есептеу және деректер ғылымдары департаментінің профессоры, Astana IT University (Қазақстан)
Дайнеко Евгения Александровна — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)
Дузаев Нуржан Тоқсуажевич — 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 Абдуллаевна — техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік технологиялар және киберқауіпсіздік факультетінің деканы (Қазақстан)
Мухамедиева Ардак Габитовна — экономика ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті бизнес-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)
Дамелия Максустовна Ескендрова — 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)
Айтмағамбетов 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)
Талеуш 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)
Бушув Сергей Дмитриевич — техника ғылымдарының докторы, профессор, Украинаның "УКРНЕТ" жобаларды басқару қауымдастығының директоры, Киев ұлттық құрылыс және суалғат университеті жобаларды басқару кафедрасының меңгерушісі (Украина)
Белюшицкая 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 Токсужаевич — 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)

Дамелия Максуговна Ескендрова — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Ниязгулова Айгуль Аскарбековна — кандидат филологических наук, доцент, профессор, заведующая кафедрой медиакоммуникации 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 Сахпай – кандидат технических наук, профессор, профессор-исследователь кафедры компьютерной инженерии, Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Алимурабаев 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)

Белошницкая 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 социально-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

D. Abzhanova, A. Biloshchytski

A MODEL AND METHOD FOR MANAGING DATA ON EMISSIONS FROM STATIONARY SOURCES OF POLLUTION IN AN INTELLIGENT ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM9

A. Slanbekova, M. Rakhimzhanova, A. Zhanibekova, A. Alimagambetova, M. Xudoyberganov

EARLY DETECTION OF HYDROLOGICAL HAZARDS BASED ON SPATIOTEMPORAL ANALYSIS25

INFORMATION TECHNOLOGY

F.N. Abdraimova, A.A. Kereibayeva, D.S. Dyussenova, D.A. Aliyeva, T.Zh. Toktarova

AI TECHNOLOGIES IN LANGUAGE EDUCATION: PRACTICAL ASPECTS AND CHALLENGES OF STUDENT USAGE36

G. Azieva, M. Yessenova, A. Abzhapparova, G. Abdikerimova, P. Schmidt

HYBRID STACKING FRAMEWORK FOR CROP CLASSIFICATION USING UAV DATA50

A.K. Aitim

JOINT MORPHOLOGICAL DISAMBIGUATION AND POS TAGGING FOR AGGLUTINATIVE LANGUAGES62

S.A. Yesniyazova, S.T. Kaimov

PREDICTIVE MAINTENANCE OF HEAVY-DUTY TRUCKS USING EXPLAINABLE MACHINE LEARNING78

T. Imanbekova, Zh. Ibrayeva, G. Jakanova, G. Askanbay

DATA COMPRESSION ALGORITHM BASED ON WAVELET TRANSFORMER; ANALYSIS AND IMPLEMENTATION IN MATLAB92

B.Z. Kenzhegulov, Zh.T. Bilyalova, K.N. Uteuliyeva, L. Nurgaliyeva, Sh.S. Nurzhanova

A MATHEMATICAL AND ALGORITHMIC APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT TEXT-TO-SQL SYSTEM BASED ON LARGE LANGUAGE MODELS110

N.Sh. Maxutova, J.A. Tussupov, A.A. Shekerbek, Zh.E. Kenzhebayeva, Q.O. Rakhimov

MACHINE LEARNING FOR COMPREHENSIVE EVALUATION OF CARDIOVASCULAR DISEASE RISK AND BIOCHEMICAL ALTERATIONS: FOCUS ON ASPARTATE AMINOTRANSFERASE131

O.S. Salykova, V.A. Madin, B.R. Salykov, D.N. Komarov, N.V. Manuilov

INTEGRATION OF MEMS ACCELEROMETER SENSOR MODULES IN INDUSTRIAL MONITORING SYSTEMS146

R. Taberkhan, M.A. Sambetbayeva, G. Kalman

KAZCAUSAL: THE FIRST CORPUS-BASED ANNOTATION OF CAUSAL RELATIONSHIPS IN THE KAZAKH LANGUAGE160

S.Tynymbayev, S.E. Mamanova, R. Berdybayev, Zh.E. Temirbekova, T. Chinibayeva

DIVIDING DEVICES WITH PRELIMINARY PREPARATION OF MULTIPLES OF THE DIVISOR172

K.N. Uteuliyeva, B.Z. Kenzhegulov, T.A. Karazhigitova, H.İ. Bülbül, Z.Zh. Zhanuzakova

MATHEMATICAL AND ALGORITHMIC APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF A COLLABORATIVE FILTERING-BASED RECOMMENDER SYSTEM188

S. Sharmukhanbet, G. Turmukhanova, O. Findik, V. Makhatova, L. Kurmangazyeva

HIGH-PRECISION ROBOTIC ASSEMBLY UNDER VARIABLE ILLUMINATION: A ROBUST MECHATRONIC ARCHITECTURE FOR VISUAL SERVOING209

INFORMATION SECURITY AND COMMUNICATIONTECHNOLOGIES

A. Amirbay, Z. Amanbaikyzy, K. Maxutova, A. Mukhanova, M. Kassim

MACHINE LEARNING ALGORITHM FOR EARLY DETECTION OF AUTISM SPECTRUM DISORDERS IN CHILDREN BASED ON MULTIMODAL ANALYSIS OF EYE MOVEMENTS AND FACIAL EXPRESSIONS227

K. Baisylbayeva, Sh. Mussiraliyeva, Zh. Yeltay

DETECTION OF EXTREMIST IDEOLOGY IN THE KAZAKH LANGUAGE: ANNOTATION CHALLENGES AND DEEP LEARNING APPROACHES242

M.A. Bolatbek, A.M.Usmanova, K.B. Bagitova, G.B. Baispay

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A METHOD FOR ANALYZING NETWORK TRAFFIC TO IDENTIFY A CYBER THREAT	261
D.I. Prokopovych-Tkachenko, N.K. Zhumagalieva, D.N. Shchytyov, N.F. Mormul, D.A. Cherkaskyi FUZZY MODEL FOR EVALUATING INFORMATION SECURITY PARAMETERS OF INFORMATION SYSTEMS UNDER INCOMPLETE AND QUALITATIVE DATA: CONSTRUCTION METHODOLOGY, RULE BASE TUNING, AND DEMONSTRATION CASE FOR ORGANIZATIONS	279
E.A. Pustovoy, O.A. Pustovaya, A.N. Raushanova, I.S. Zaurbekov EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF SYNTHESIS OF STOCHASTIC MODELS WITH CONTROLLED PROPERTIES	305
Y. Serzhan, T. Umarov, A. Abilbayeva FRAUD DETECTION IN CREDIT CARD TRANSACTIONS USING MACHINE LEARNING: A COMPARATIVE ANALYSIS	321

МАЗМҰНЫ

ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ДАМУДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Д.Е. Абжанов, А.А. Белоощицкий ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГТІҢ ЗИЯТКЕРЛІК ЖҮЙЕСІНДЕГІ СТАЦИОНАРЛЫҚ ЛАСТАНУ КӨЗ-ДЕРІНІҢ ШЫҒАРЫНДЫЛАРЫ ТУРАЛЫ ДЕРЕКТЕРДІ БАСҚАРУДЫҢ МОДЕЛІ МЕН ӘДІСІ	9
А.Е. Сланбекова, М.Б. Рахимжанова, А.И. Жанибекова, А.З. Алимагамбетова, М. Худойбергенов КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ (SPATIOTEMPORAL) ТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІП-ҚАТЕРДІ ЕРТЕ АНЫҚТАУ	25

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Ф.Н. Абдраимова, А.А. Керейбаева, Д.С. Дюсенова, Д.А. Алиева, Т.Ж. Токтарова ТІЛ БІЛІМІНДЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ: СТУДЕНТТЕР ҚОЛДАНУЫНЫҢ ПРАКТИКАЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ МЕН МӘСЕЛЕЛЕРІ	36
Г.Т. Азиева, М.Б. Есенова, А.К. Абжаппарова, Г.Б. Абдикеримова, Р. Schmidt UAV ДЕРЕКТЕРІ НЕГІЗІНДЕ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ DAҚЫЛДАРЫН ЖІКТЕУГЕ АРНАЛҒАН ГИБРИДТІ СТЕКИНГ МОДЕЛІ	50
Ә.Қ. Әйтiм АГГЛЮТИНАТИВТІ ТІЛДЕРГЕ АРНАЛҒАН МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ДИЗАМБИГУАЦИЯ МЕН POS-ТАҢ-БАЛАУДЫ БІРЛЕСІП МОДЕЛЬДЕУ	62
С.А. Есниязова, С.Т. Каимов ТҮСІНДІРІЛЕТІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП АУЫР ЖҮК КӨЛІКТЕРІНЕ БОЛЖАМДЫ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ	78
Т.Д. Иманбекова, Ж.Б. Ибраева, Г.Т. Джаканова, Г.Т. Асқанбай МӘЛІМЕТТЕРДІ ВЕЙВЛЕТ-ТҮРЛЕНДІРГІШТІҢ НЕГІЗІНДЕ ҚЫСУ АЛГОРИТМІ; MATLAB ОРТАСЫНДА ТАЛДАУ ЖӘНЕ ІСКЕ АСЫРУ	92
Б.З. Кенжегулов, Ж.Т. Билялова, К.Н. Утеулиева, Л. Нурғалиева, Ш.С. Нуржанова ҮЛКЕН ТІЛДІК МОДЕЛЬДЕР НЕГІЗІНДЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ТЕХТ-ТО-SQL ЖҮЙЕСІН ӨЗІРЛЕУДІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ-АЛГОРИТМДІК ТӘСІЛІ	110
Н.Ш. Максұтова, Ж.А. Тусупов, А.Ә. Шекербек, Ж.Е. Кенжебаева, К.О. Рахимов ЖҮРЕК-ҚАН ТАМЫРЛАРЫ АУРУЛАРЫНЫҢ ҚАУІП-ҚАТЕРІН ЖӘНЕ БИОХИМИЯЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ КЕШЕНДІ БАҒАЛАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ: АСПАРТАМИНОТРАНСФЕРАЗАҒА ЕРЕКШЕ НАЗАР	131
О.С. Салықова, В.А. Мадин, Б.Р. Салықов, Д.Н. Комаров, Н.В. Мануилов ӨНЕРКӘСІПТІК МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ MEMS-АКСЕЛЕРОМЕТРЛЕРДІҢ СЕНСОРЛЫҚ МОДУЛЬДЕРІН ИНТЕГРАЦИЯЛАУ	146
Р. Таберхан, М.А. Самбетбаева, Г. Қалман KAZCAUSAL: ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ СЕБЕП-САЛДАРЛЫҚ ҚАТЫНАСТАРДЫҢ АЛҒАШҚЫ КОРПУСТЫҚ АННОТАЦИЯСЫ	160
С. Тынымбаев, С.Е. Маманова, Р. Бердібаев, Ж.Е. Темірбекова, Т. Чинибаева БӨЛГІШТІҢ ЕСЕЛІ МӘНДЕРІН АЛДЫН АЛА ДАЙЫНДАУМЕН ЖҮЗЕГЕ АСЫРЫЛАТЫН БӨЛУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ	172



К.Н. Утеулиева, Б.З. Кенжегулов, Т.А. Каражигитова, Х. Булбул, З.Ж. Жанузакова КОЛЛАБОРАТИВТІК СҮЗГІЛЕУ НЕГІЗІНДЕГІ ҰСЫНЫМДЫҚ ЖҮЙЕНІ ӨЗІРЛЕУДІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ-АЛГОРИТМДІК ТӘСІЛДЕРІ	188
С. Шармуханбет, Г. Тұрмуханова, О. Финдик, В. Махатова, Л. Курмангазиева АЙНЫМАЛЫ ЖАРЫҚ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ЖОҒАРЫ ДӘЛДІКТІ РОБОТТЫҚ ҚҰРАСТЫРУ: ВИЗУАЛДЫ СЕРВОТЕЖЕУДІҢ ТӨЗІМДІ МЕХАТРОНИКАЛЫҚ АРХИТЕКТУРАСЫ	209

АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН

А. Амирбай, З. Аманбайқызы, К. Максүтова, А. Муханова, М. Kassim КӨЗ ҚОЗҒАЛЫСТАРЫ МЕН БЕТ МИМИКА БЕЛГІЛЕРІН МУЛЬТИМОДАЛЬДЫ ТАЛДАУҒА НЕГІЗ- ДЕЛГЕН БАЛАЛАРДАҒЫ АУТИЗМ СПЕКТРІНІҢ БҰЗЫЛЫСТАРЫН ЕРТЕ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН МАШИНАЛЫҚ ОҚИТУ АЛГОРИТМІ	227
К.Д. Байсылбаева, Ш.Ж. Мусиралиева, Ж. Елтай ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ ЭКСТРЕМИСТІК ИДЕОЛОГИЯНЫ АНЫҚТАУ: АННОТАЦИЯЛАУ МӘСЕЛЕЛЕРІ ЖӘНЕ ТЕРЕҢ ОҚИТУ ТӘСІЛДЕРІ	242
М.А. Болатбек, А.М. Уманова, Қ.Б. Багитова, Г.Б. Байспай КИБЕР ҚАУІПТІ АНЫҚТАУ ҮШІН ЖЕЛІЛІК ТРАФИКТІ ТАЛДАУ ӘДІСІН ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ	261
Д.И. Прокопович-Ткаченко, Н.К. Жумагалиева, Д.Н. Щитов, Н.Ф. Мормуль, Д.А. Черкасский ТОЛЫҚ ЕМЕС ЖӘНЕ САПАЛЫҚ ДЕРЕКТЕР ЖАҒДАЙЫНДА АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ АҚПА- РАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ПАРАМЕТРЛЕРІН БАҒАЛАУДЫҢ БҰЛЫҢҒЫР МОДЕЛІ: ҚҰРУ ӘДІСТЕМЕСІ, ЕРЕЖЕЛЕР БАЗАСЫН БАПТАУ ЖӘНЕ ҰЙЫМДАРҒА АРНАЛҒАН ДЕМОНСТРАЦИЯЛЫҚ КЕЙС	279
Е.А. Пустовой, О.А. Пустовая, А.Н. Раушанова, И.С. Заурбеков БАСҚАРЫЛАТЫН ҚАСИЕТТЕРІ БАР СТОХАСТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРДІ СИНТЕЗДЕУДІҢ ТИМДІЛІГІН БАҒАЛАУ	305
Е. Сержан, Т. Умаров, А. Әбілбаева МАШИНАЛЫҚ ОҚУ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ КРЕДИТ КАРТА ОПЕРАЦИЯЛАРЫНДАҒЫ АЛАЯҚТЫҚТЫ АНЫҚТАУ: САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ	321

СОДЕРЖАНИЕ

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВИТИИ СОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Д.Е. Абжанова, А.А. Белошицкий МОДЕЛЬ И МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ О ВЫБРОСАХ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА	9
А.Е. Сланбекова, М.Б. Рахимжанова, А.И. Жанибекова, А.З. Алимагамбетова, М. Худойбергенов РАННЕЕ ВЫЯВЛЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННОГО (SPATIOTEMPORAL) АНАЛИЗА	25

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ф.Н. Абдраимова, А.А. Керейбаева, Д.С. Дюсенова, Д.А. Алиева, Т.Ж. Токтарова ТЕХНОЛОГИИ ИИ В ЯЗЫКОВОМ ОБРАЗОВАНИИ: ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТУДЕНТАМИ	36
Г.Т. Азиева, М.Б. Есенова, А.К. Абжаппарова, Г.Б. Абдикеримова, P. Schmidt ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ СТЕКИНГА ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПО ДАННЫМ UAV	50
Ә.Қ. Әйтiм СОВМЕСТНАЯ МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ДИЗАМБИГУАЦИЯ И POS-РАЗМЕТКА ДЛЯ АГГЛЮТИНАТИВНЫХ ЯЗЫКОВ	62
С.А. Есниязова, С.Т. Каимов ПРЕДИКТИВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ТЯЖЁЛЫХ ГРУЗОВИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИ- ЕМ ОБЪЯСНИМОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	78
Т.Д. Иманбекова, Ж.Б. Ибраева, Г.Т. Джаканова, Г.Т. Асқанбай	

АЛГОРИТМ СЖАТИЯ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ: АНАЛИЗ И РЕАЛИЗАЦИЯ В МАТЛАВ	92
Б.З. Кенжегулов, Ж.Т. Билялова, К.Н. Утеулиева, Л. Нургалиева, Ш.С. Нуржанова	
МАТЕМАТИКО-АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТЕХТ-TO-SQL СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ	110
Н.Ш. МаксUTOва, Д.А. Тусупов, А.А. Шекербек, Ж.Е. Кенжебаева, К.О. Рахмoв	
МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ РИСКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ И БИОХИМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ: АКЦЕНТ НА АСПАРТАМИНОТРАНСФЕРАЗЕ ...	131
О.С. Салыкова, В.А. Мадин, Б.Р. Салыков, Д.Н. Комаров, Н.В. Мануйлов	
ИНТЕГРАЦИЯ СЕНСОРНЫХ МОДУЛЕЙ MEMS-АКСЕЛЕРОМЕТРОВ В СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОГО МОНИТОРИНГА	146
Р. Таберхан, М.А. Самбетбаева, Г. Калман	
КАЗСАUSAL: ПЕРВАЯ КОРПУСНАЯ АННОТАЦИЯ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ	160
С. Тынымбаев, С.Е. Маманова, Р. Бердибаев, Ж.Е. Темирбекова, Т. Чинибаева	
УСТРОЙСТВА ДЕЛЕНИЯ ЧИСЕЛ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКОЙ КРАТНЫХ ДЕЛИТЕЛЮ	172
К.Н. Утеулиева, Б.З. Кенжегулов, Т.А. Каражигитова, Х.Бюльбюль, З.Ж. Жанузакова	
МАТЕМАТИКО-АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ КОЛЛАБОРАТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ	188
С. Шармуханбет, Г. Турмуханова, О.Финдик, В.Махатова, Л. Курмангазиева	
ВЫСОКОТОЧНАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ СБОРКА ПРИ ПЕРЕМЕННОЙ ОСВЕЩЁННОСТИ: РОБАСТНАЯ МЕХАТРОННАЯ АРХИТЕКТУРА ВИЗУАЛЬНОГО СЕРВОУПРАВЛЕНИЯ	209

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А. Амирбай, З. Аманбайкызы, К. МаксUTOва, А. Муханова, М. Kassim	
АЛГОРИТМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ РАССТРОЙСТВ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА У ДЕТЕЙ НА ОСНОВЕ МУЛЬТМОДАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ И МИМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ	227
К.Д. Байсылбаева, Ш.Ж. Мусиралиева, Ж.Елтай	
ОБНАРУЖЕНИЕ ЭКСТРЕМИСТСКОЙ ИДЕОЛОГИИ НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ: ПРОБЛЕМЫ АННОТИРОВАНИЯ И МЕТОДЫ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ	242
М.А. Болатбек, А.М. Усманова, К.Б. Багитова, Г.Б. Байспай	
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА СЕТЕВОГО ТРАФИКА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ КИБЕРУГРОЗЫ	261
Д.И. Прокопович-Ткаченко, Н.К. Жумагалиева, Д.Н. Щитов, Н.Ф. Мормуль, Д.А. Черкасский	
НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ДАННЫХ: МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ, НАСТРОЙКА БАЗЫ ПРАВИЛ И ДЕМОСТРАЦИОННЫЙ КЕЙС ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ	279
Е.А. Пустовой, О.А. Пустовая, А.Н. Раушанова, И.С. Заурбеков	
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИНТЕЗА СТОХАСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ С УПРАВЛЯЕМЫМИ СВОЙСТВАМИ	305
Е. Сержан, Т. Умаров, А. Абильбаева	
ВЫЯВЛЕНИЕ МОШЕННИЧЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ОПЕРАЦИЯХ С КРЕДИТНЫМИ КАРТАМИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ	321



INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 7. Is.2. Number 26 (2026). Pp. 25–35

Journal homepage: <https://journal.iitu.edu.kz>

<https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.002>

IRSTI / FTAXP / MPHTI / 004.931

EARLY DETECTION OF HYDROLOGICAL HAZARDS BASED ON SPATIOTEMPORAL ANALYSIS

*A. Slanbekova*¹, *M. Rakhimzhanova*^{2*}, *A. Zhanibekova*³, *A. Alimagambetova*⁴,
*M. Xudoyberganov*⁴

¹Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan;

²Astana IT University, Astana, Kazakhstan;

³Buketov Karaganda National Research University, Karaganda, Kazakhstan;

⁴National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Uzbekistan.

E-mail: rakhimzhan.mira@gmail.com

Assylzat Slanbekova — PhD student, Department of Information Systems, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0001-9658-7288>;

Mira Rakhimzhanova — Astana IT University, Assistant Professor of the School of Artificial Intelligence and Data Science, PhD, Astana, Kazakhstan

E-mail: rakhimzhan.mira@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1328-8109>;

Akmarzhan Zhanibekova — lecturer at the Department of Applied Mathematics and Computer Science, Buketov Karaganda National Research University, Karaganda, Kazakhstan

<https://orcid.org/0009-0007-4184-1390>;

Alimagambetova Ainagul — L.N. Gumilyov Eurasian National University, Senior Lecturer of the Department of Information Systems, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Astana, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-9859-2029>;

Mirzoali Xudoyberganov — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Computational Mathematics and Information Systems, National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Uzbekistan

<https://orcid.org/0000-0002-0830-8902>.

© A. Slanbekova, M. Rakhimzhanova, A. Zhanibekova, A. Alimagambetova, M. Xudoyberganov

Abstract. This article examines the early detection of hydrological hazards using spatiotemporal analysis and multimodal data integration. The study is based on the creation of an event-based dataset combining geospatial, hydrometeorological, and satellite features for Kazakhstan over a long period of time. An approach to constructing a predictive model



is proposed that takes into account only pre-event information, ensuring a correct formulation of the early warning problem. Various machine learning methods and their hybrid combinations were used to evaluate the effectiveness of the model. Experimental results demonstrate that integrating heterogeneous data sources improves the accuracy of flood risk forecasting. The findings confirm the potential of spatiotemporal models for developing early warning systems for hydrological hazards.

Keywords: hydrological hazards, floods, early detection, spatiotemporal analysis, multimodal data, machine learning

For citation: A. Slanbekova, M. Rakhimzhanova, A. Zhanibekova, A. Alimagambetova, M. Xudoyberganov (2026). Early detection of hydrological hazards based on spatiotemporal analysis // International Journal of Information and Communication Technologies. Vol. 7. No. 26. Pp. 25–35. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.002>. (In Kaz.).

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

КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ (SPATIOTEMPORAL) ТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІП-ҚАТЕРДІ ЕРТЕ АНЫҚТАУ

A.E. Slanbekova¹, M.B. Rakhimzhanova^{2}, A.I. Zhanibekova³,
A.Z. Alimagambetova¹, M. Xudoyberganov⁴*

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан;

²Astana IT University, Астана, Қазақстан;

³Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды ұлттық зерттеу университеті,
Қарағанды, Қазақстан;

⁴Мырза Ұлықбек атындағы Өзбекстан ұлттық университеті, Өзбекстан.

E-mail: rakhimzhan.mira@gmail.com

Сланбекова Асылзат Ермановна — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Ақпараттық жүйелер кафедрасының PhD доктаранты, Астана, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0001-9658-7288>;

Рахимжанова Мира Бейсенбаевна — Astana IT University, Жасанды интеллект және деректер ғылымы мектебінің ассистент-профессоры, PhD, Астана, Қазақстан
E-mail: rakhimzhan.mira@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1328-8109>;

Жанибекова Акмаржан Избасаровна — Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды ұлттық зерттеу университеті, қолданбалы математика және информатика кафедрасының оқытушысы, Қарағанды, Қазақстан
<https://orcid.org/0009-0007-4184-1390>;

Алимагамбетова Айнагуль Зейнетулловна — Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының аға оқытушысы, физика-математика ғылымдарының кандидаты, Астана, Қазақстан
<https://orcid.org/0000-0002-9859-2029>;

Худойберганов Мирзоали Ўразалиевич — Мырза Ұлықбек атындағы Өзбекстан ұлттық университеті, физика-математика ғылымдарының докторы, есептеу математикасы және ақпараттық жүйелер кафедрасының профессоры, Өзбекстан <https://orcid.org/0000-0002-0830-8902>.

© А.Е. Сланбекова, М.Б. Рахимжанова, А.И. Жанибекова, А.З. Алимагамбетова, М.Ў. Худойберганов

Аннотация. Бұл мақалада кеңістіктік-уақыттық талдау және мультимодальды деректерді интеграциялау арқылы гидрологиялық қауіптерді ерте анықтау қарастырылады. Зерттеу ұзақ уақыт бойы Қазақстан үшін геокеңістіктік, гидрометеорологиялық және спутниктік мүмкіндіктерді біріктіретін оқиғаға негізделген деректер жиынтығын жасауға негізделген. Ерте ескерту мәселесінің дұрыс тұжырымдамасын қамтамасыз ететін, тек оқиғаға дейінгі ақпаратты ескеретін болжамдық модельді құру тәсілі ұсынылады. Модельдің тиімділігін бағалау үшін әртүрлі машиналық оқыту әдістері және олардың гибриді комбинаториялары қолданылды. Эксперименттік нәтижелер гетерогенді деректер көздерін интеграциялау су тасқыны қауіпін болжаудың дәлдігін арттыратынын көрсетеді. Зерттеу нәтижелері гидрологиялық қауіптер туралы ерте ескерту жүйелерін әзірлеу үшін кеңістіктік-уақыттық модельдердің әлеуетін растайды.

Түйінді сөздер: гидрологиялық қауіп-қатер, су тасқыны, ерте анықтау, кеңістіктік-уақыттық талдау, көпдереккөзді деректер, машиналық оқыту

Дәйексөздер үшін: А.Е. Сланбекова, М.Б. Рахимжанова, А.И. Жанибекова, А.З. Алимагамбетова, М. Ў. Худойберганов (2026). Кеңістіктік-уақыттық (spatiotemporal) талдау негізінде гидрологиялық қауіп-қатерді ерте анықтау // Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы. Т. 7. No. 26. Б. 25–35. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.002>. (Қаз. тіл.).

Мүдделер қақтығысы: Авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

РАННЕЕ ВЫЯВЛЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО (SPATIOTEMPORAL) АНАЛИЗА

А.Е. Сланбекова¹, М.Б. Рахимжанова^{2}, А.И. Жанибекова³,
А.З. Алимагамбетова¹, М. Худойберганов⁴*

¹Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан;

²Astana IT University, Астана, Казахстан;

³Карагандинский национальный исследовательский университет им. академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан;

⁴Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Республика Узбекистан.

E-mail: rakhimzhan.mira@gmail.com

Сланбекова Асылзат Ермановна — PhD докторант, кафедры информационных систем Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0001-9658-7288>;

Рахимжанова Мира Бейсенбаевна — Astana IT University, ассистент-профессор Школы искусственного интеллекта и науки о данных, PhD, Астана, Казахстан

E-mail: rakhimzhan.mira@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1328-8109>;

Жанибекова Аккмаржан Избасаровна — преподаватель кафедры «Прикладной математики и информатики», Карагандинский национальный исследовательский университет им. академика Е.А. Букетова, Караганды, Казахстан

<https://orcid.org/0009-0007-4184-1390>;

Алимагамбетова Айнагуль Зейнетулловна — Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, старший преподаватель кафедры «Информационные системы», кандидат физико-математических наук, Астана, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-9859-2029>;

Худойберганов Мирзоали Ёразалиевич — доктор физико-математических наук, профессор кафедры вычислительной математики и информационных систем, Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Республика Узбекистан

<https://orcid.org/0000-0002-0830-8902>.

© А.Е. Сланбекова, М.Б. Рахимжанова, А.И. Жанибекова, А.З. Алимагамбетова, М.Ў. Худойберганов

Аннотация. В статье рассматривается задача раннего выявления гидрологических опасностей с использованием пространственно-временного (spatiotemporal) анализа и интеграции мультимодальных данных. Исследование основано на формировании событийно-ориентированного набора данных, объединяющего геопространственные, гидрометеорологические и спутниковые признаки для территории Казахстана за длительный временной период. Предложен подход к построению прогностической модели, учитывающий только предсобытийную информацию, что обеспечивает корректную постановку задачи раннего предупреждения. Для оценки эффективности использованы различные методы машинного обучения и их гибридные комбинации. Результаты экспериментов показывают, что интеграция разнородных источников данных позволяет повысить точность прогнозирования паводкового риска. Полученные выводы подтверждают перспективность применения spatiotemporal-моделей для создания систем раннего предупреждения гидрологических угроз.

Ключевые слова: гидрологическая опасность, паводки, раннее выявление, пространственно-временной анализ, мультимодальные данные, машинное обучение



Для цитирования: А.Е. Сланбекова, М.Б. Рахимжанова, А.И. Жанибекова, А.З. Алимагамбетова, М.Ў. Худойберганов (2026). Раннее выявление гидрологических опасностей на основе пространственно-временного (spatiotemporal) анализа // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. Т. 7. No. 26. Стр. 25–35. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.002>. (На каз.).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Кіріспе.

Гидрологиялық апаттар, әсіресе су тасқыны, табиғи апаттардың ең көп таралған және әлеуметтік-экономикалық тұрғыдан жойқын түрлерінің қатарына жатады. Климаттың өзгеруінің күшеюі, жауын-шашын үлгілерінің өзгеруі және антропогендік факторлардың әсері бұл оқиғалардың жиілігі мен қарқындылығын арттырып отыр. Сондықтан, су тасқынын болжау және ерте анықтау мәселесі қазіргі заманғы ғылыми зерттеулердің негізгі саласына айналды. Дәстүрлі әдістер негізінен оқиғадан кейінгі талдауға бағытталған болса, бұл кезеңде алдын алу және ерте тәуекелді бағалау қажеттілігі артып келеді (Mosavi et al., 2018; Khosravi et al., 2018).

Соңғы жылдары гидрологиялық процестерді зерттеуде кеңістіктік-уақыттық талдау әдістері кеңінен қолданылып келеді. Бұл әдістер табиғи құбылыстардағы уақыттық және кеңістіктік үлгілерді бір уақытта қарастыруға мүмкіндік береді (Teng et al., 2017; Shen et al., 2019). Атап айтқанда, қашықтықтан зондтау деректерінің, гидрометеорологиялық көрсеткіштердің және геокеңістіктік сипаттамалардың үйлесімі күрделі жүйелердің динамикасын тереңірек түсінуге мүмкіндік береді. Мұндай интеграцияланған тәсілдер (Jongman et al., 2015; Boulange et al., 2021) су тасқынының себептерін кешенді талдауға және қауіп аймақтарын анықтауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, машиналық оқыту әдістерінің дамуы әртүрлі көздерден алынған деректерді өңдеудің жаңа мүмкіндіктерін ашты. Әртүрлі сипаттағы деректерді біріктіру арқылы бұл әдістер күрделі және сызықтық емес қатынастарды анықтауға мүмкіндік береді. Бұл гидрологиялық қауіптерді болжаудың дәлдігін жақсартады және модельдің тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Атап айтқанда, кеңістіктік-уақыттық деректерді пайдаланатын модельдер қауіп сигналдарын ерте анықтаудың тиімді құралы болып саналады (Zhang et al., 2019; Rahmati et al., 2016).

Бұл мақаланың мақсаты-кеңістіктік-уақыттық талдауға негізделген гидрологиялық қауіптерді ерте анықтаудың әдіснамалық тәсілін ұсыну. Зерттеуде мультимодальды деректерді біріктіру арқылы су тасқыны қауіпін болжау әлеуеті қарастырылады және нәтижелердің практикалық маңыздылығы бағаланады.

Әдістер мен материалдар.

Бұл зерттеуде гидрологиялық қауіптерді ерте анықтау үшін геокеңістіктік, гидрометеорологиялық және спутниктік көздерді біріктіру арқылы жасалған мультимодальды кеңістіктік-уақыттық деректер (Chen et al., 2020; Sit et al., 2020). жиынтығы пайдаланылды. Деректер 2001–2021 жылдар аралығындағы Қазақстанды қамтиды және әрбір жазба белгілі бір кеңістіктік нүктеге, уақыт нүктесіне және ықтимал ги-

дрологиялық оқиғаға сәйкес келетін оқиғаға негізделген кесте ретінде ұсынылған. Бұл формат аумақтың кеңістіктік сипаттамаларын да, су тасқыны болғанға дейінгі процестердің уақыттық динамикасын да ескеруге мүмкіндік береді.

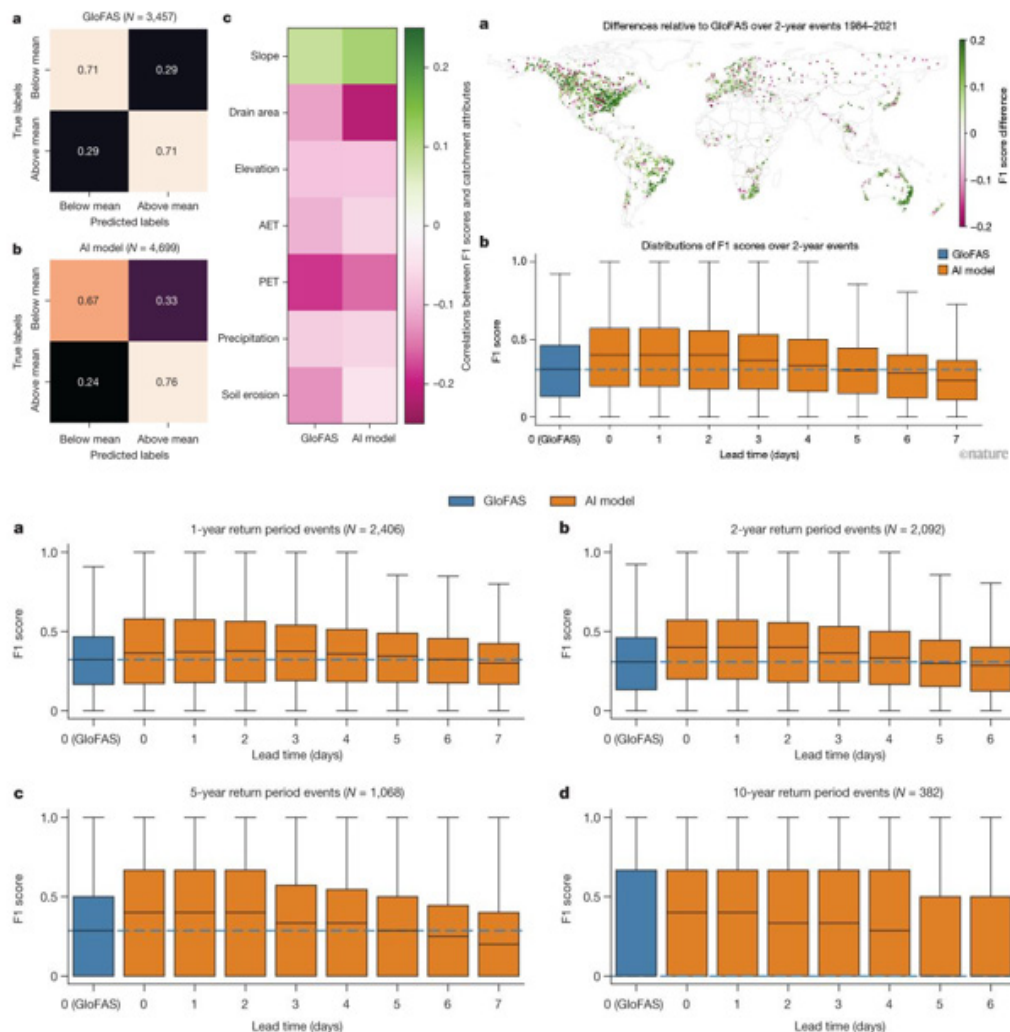
Ерекшелік кеңістігі бірнеше айнымалылар тобын қамтиды. Бірінші топқа аумақтың су жиналуына табиғи бейімділігін көрсететін биіктік, көлбеулік, аспект және топырақ түрі сияқты жер бедері мен географиялық сипаттамалары кіреді. Екінші топ гидрометеорологиялық көрсеткіштермен, соның ішінде жауын-шашын мөлшері, ауа температурасы, топырақ ылғалдылығы, қар қалыңдығы және әртүрлі уақыт аралықтары үшін басқа да агрегацияланған параметрлермен ұсынылған. Үшінші топқа өсімдіктердің жай-күйін, беткі ылғалдылықты және ашық судың болуын сипаттайтын Жерді қашықтықтан зондтаудың спектрлік көрсеткіштері (NDVI, NDWI, EVI және т.б.) кіреді. Уақытша ерекшеліктер мен бақылау сапа көрсеткіштері қосымша қарастырылды, бұл әр түрлі көздер болған кезде деректерді дәл түсіндіруге мүмкіндік берді.

Оқыту жиынтығы тек оқиғаға дейінгі ақпаратты пайдаланатын ағып кетуден қауіпсіз тәсілді қолдану арқылы жасалды. Осыған қол жеткізу үшін бастапқы деректер жиынтығынан тек болжау кезінде қолжетімді және оқиғадан кейінгі ерекшеліктерден бос бақылаулар таңдалды. Деректер уақытша тізбек пен оқиға құрылымын ескере отырып, оқыту, валидация және сынақ жиынтықтарына бөлінді, осылайша ішкі жиындар арасында ақпараттың ағып кетуіне жол берілмеді. Сонымен қатар, бұрын байқалмаған оқиғаларда модельді тексеру үшін оқиға идентификаторлары арқылы топтық айқаспалы валидация қолданылды (Kratzert et al., 2018; Zhao et al., 2018).

Деректерді алдын ала өңдеу циклдік функцияларды қолдана отырып, жетіспейтін мәндерді есептеуді, ерекшеліктерді қалыпқа келтіруді және маусымдық сипаттамаларды кодтауды қамтиды. Эксперименттің қайталануын сақтауға ерекше назар аударылды: барлық түрлендірулер оқыту жиынтығында орындалды, содан кейін параметрлерді қайта бағаламай валидация және сынақ деректеріне қолданылды. Қолданылған модельдеу әдістеріне классикалық машиналық оқыту алгоритмдері де, деректердегі күрделі сызықтық емес тәуелділіктерді ескере алатын заманауи нейрондық желі архитектуралары да кірді. Модель сапасы ROC-AUC, F1-ұпайы және теңгерімді дәлдік сияқты көрсеткіштердің тіркесімін пайдаланып бағаланды, бұл ұсынылған тәсілдің тиімділігін кешенді талдауға мүмкіндік берді.

Бұл 1-сурет су тасқынын ерте болжауға арналған деректерді алдын ала өңдеу және модельге дайындау кезеңдерін көрсетеді. Диаграмма екі негізгі бөліктен тұрады: деректер жиынтығының сипаттамасы және ақпараттың ағып кетуін болдырмайтын (leakage-safe) болжау құбыры. Бірінші бөлікте модельге кіріс ретінде қолданылатын белгілер топтары (географиялық, гидрометеорологиялық, спектралды және сапалық көрсеткіштер) сипатталған. Екінші бөлікте деректерді сүзу, айнымалыларды анықтау, уақыттық кодтау, деректерді бөлу, импутация және стандарттау сияқты негізгі кезеңдер көрсетілген. Бұл үдеріс модельдің сенімділігі мен нәтижелердің қайталанушылығын қамтамасыз етуге бағытталған.

Суретте көрсетілген үдеріс су тасқынын ерте болжауға арналған деректерді дайындаудың толық тізбегін сипаттайды. Алдымен кіріс белгілері бірнеше топқа

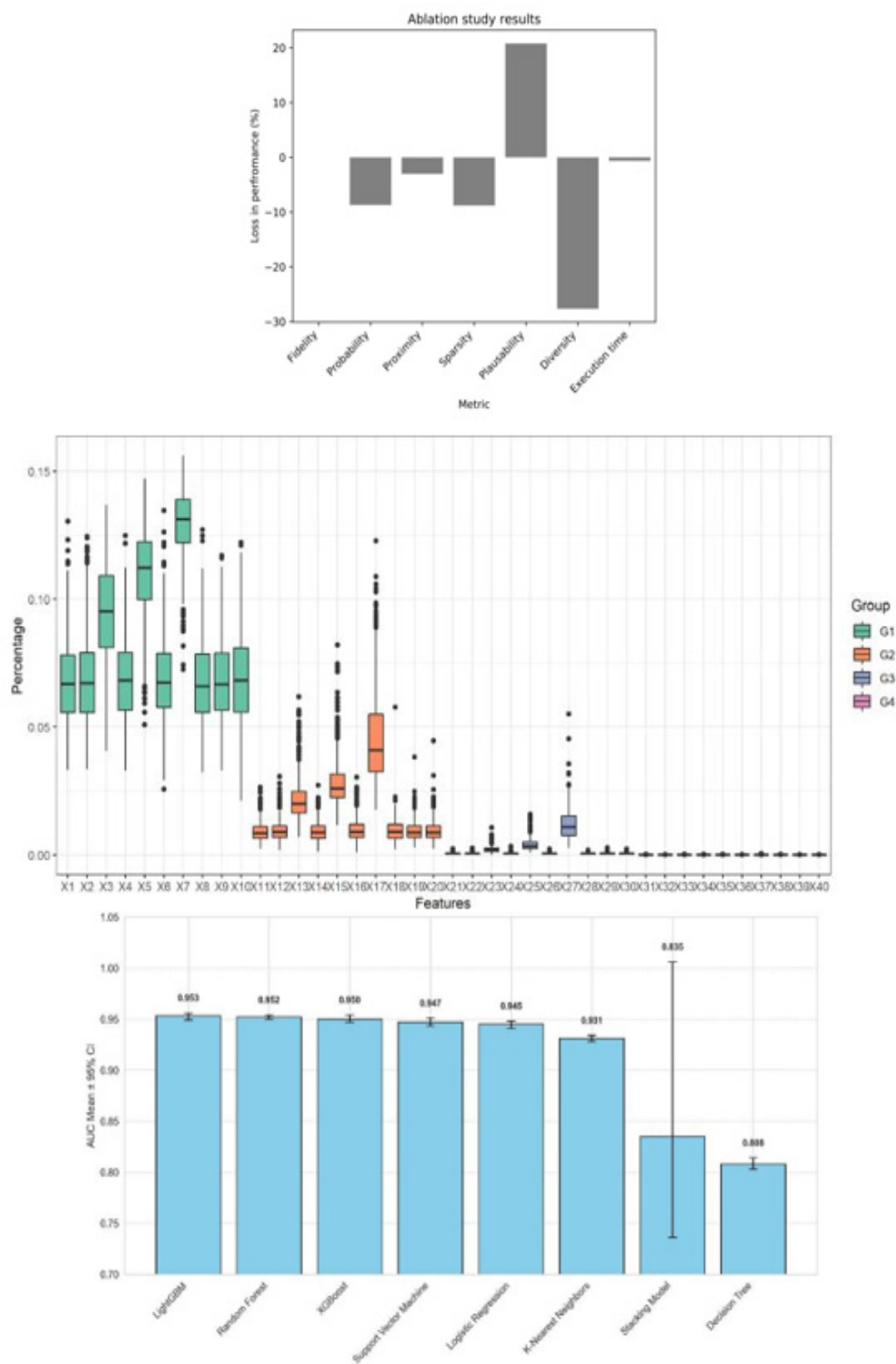


Сур. 2. Әртүрлі қайталану кезеңдеріндегі (return period) су тасқыны оқиғалары үшін модельдердің F1-score көрсеткіштерін салыстыру

Ұзақ мерзімді болжау жағдайында да (5–7 күн) өнімділік төмендегенімен, ұсынылған әдіс салыстырмалы түрде тұрақты нәтижелерді сақтайды. Сонымен қатар, қайталану кезеңі артқан сайын (яғни сирек кездесетін экстремалды оқиғалар үшін) нәтижелердің вариативтілігі өсетіні байқалады, бұл деректердің теңгерімсіздігімен және оқиғалардың сиректігімен түсіндіріледі. Жалпы алғанда, ұсынылған тәсіл әртүрлі гидрологиялық сценарийлерде сенімді жұмыс істейтінін көрсетеді.

Сонымен қатар, белгілер топтарының әсерін бағалау мақсатында feature-group ablation талдауы жүргізілді.

Берілген 3-суретте модельдің өнімділігі мен белгілердің үлесі кешенді түрде көрсетілген. Жоғарғы диаграммада негізгі метрикалар бойынша модель өнімділігінің өзгерісі бейнеленіп, әрбір көрсеткіштің модель сапасына әсері баға-



Сур. 3. Модель өнімділігі, белгілердің маңыздылығы және метрикалар бойынша салыстырмалы талдау

ланады. Ортаңғы графикте әртүрлі белгілер топтарының маңыздылығы көрсетілген, мұнда кейбір белгілердің басқа айнымалылармен салыстырғанда айтарлықтай жоғары ықпал ететіні байқалады. Төменгі диаграммада әртүрлі модельдердің AUC мәндері салыстырылып, ұсынылған тәсілдің басқа әдістермен салыстырғанда жоғары нәтижелер көрсететіні дәлелденеді. Жалпы алғанда, нәтижелер модельдің тиімділігін және белгілерді дұрыс таңдаудың маңыздылығын көрсетеді. Бұл талдау нәтижелері барлық белгілерді бірге қолдану ең жақсы нәтижелерді қамтамасыз ететінін көрсетеді. Жекелеген белгілер топтарын алып тастағанда модель өнімділігі айтарлықтай төмендейді. Әсіресе гидрометеорологиялық және спектралды белгілердің маңыздылығы жоғары екені байқалады. Бұл су тасқынын болжауда әртүрлі дерек көздерін біріктірудің қажеттілігін дәлелдейді.

Жалпы алғанда, алынған нәтижелер ұсынылған spatiotemporal тәсілдің тиімділігін көрсетеді. Әртүрлі модельдермен салыстырғанда ұсынылған әдіс тұрақты және жоғары дәлдік көрсеткіштерін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, абляциялық талдау нәтижелері модель архитектурасының және белгілер комбинациясының дұрыс таңдалғанын растайды.

Қорытынды.

Бұл зерттеу кеңістіктік-уақыттық талдау мен мультимодальды деректерді интеграциялауға негізделген гидрологиялық қауіптерді ерте анықтау әдісін ұсынады. Зерттеу геокеңістіктік, гидрометеорологиялық және спутниктік деректерді біріктіретін оқиғаға негізделген деректер жиынтығын жасады және тек оқиғаға дейінгі ақпаратты пайдаланатын ақпараттың ағып кетуіне жол бермеу тәсілін қолданды. Бұл модельді оқыту кезінде ақпараттың ағып кетуіне жол бермеді және нәтижелердің сенімділігін арттырды. Нәтижелер ұсынылған әдістің әртүрлі болжам көкжиектері мен итерация кезеңдерінде тұрақты және жоғары өнімділік көрсететінін растады. Модель ROC-AUC, F1 ұпайы және басқа да көрсеткіштер бойынша базалық әдістермен салыстырғанда жақсы немесе салыстырмалы нәтижелер көрсетті. Сонымен қатар, абляциялық талдау модель архитектурасы мен әртүрлі ерекшелік топтарының (әсіресе гидрометеорологиялық және спектрлік деректер) жалпы нәтижеге маңызды үлес қосатынын көрсетті.

Зерттеу нәтижелері әртүрлі деректер көздерін біріктіру су тасқыны сияқты гидрологиялық қауіптерді болжау үшін тиімді екенін және кеңістіктік-уақыттық модельдердің жоғары әлеуетке ие екенін көрсетеді. Ұсынылған тәсіл нақты уақыт режиміндегі ерте ескерту жүйелерін әзірлеуге негіз бола алады және тиімді тәуекелдерді басқару мен алдын алу шараларын қолдануға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, зерттеудің белгілі бір шектеулері бар екенін атап өткен жөн. Атап айтқанда, модельдің нәтижелері пайдаланылған деректер жиынтығына байланысты, ал экстремалды, сирек кездесетін оқиғаларды болжау қиын болып қала береді. Болашақ зерттеулерге қосымша деректер көздерін (мысалы, метеорологиялық болжамдар немесе жоғары жиілікті уақыт деректері) қосу және модельдің әртүрлі аймақтар бойынша жалпылануын тексеру ұсынылады. Жалпы алғанда, ұсынылған әдіс гидрологиялық қауіптерді ерте анықтаудың тиімді құралы және практикалық қолданудың перспективалы

REFERENCES

- Boulange, J., Hanasaki, N., Yamazaki, D., Pokhrel, Y. (2021). Role of Dams in Reducing Global Flood Exposure under Climate Change. *Nature Communications*. — Vol. 12. — Pp. 417. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20704-0>. [in Eng.]
- Chen, Y., Zhang, S., Li, J., Xing, X., Chen, X. (2020). Flood Susceptibility Assessment Using Random Forest and GIS-Based Multicriteria Analysis // *Journal of Hydrology*. — Vol. 583. — Article 124563. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124563>. [in Eng.]
- Jongman, B., Winsemius, H.C., Aerts, J.C.J.H., Coughlan de Perez, E., van Aalst, M.K., Kron, W., Ward, P.J. (2015). Declining Vulnerability to River Floods and the Global Benefits of Adaptation // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. — Vol. 112. — No. 18. Pp. E2271–E2280. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1414439112>. [in Eng.]
- Khosravi, K., Panahi, M., Pham, B.T., Chapi, K., Shirzadi, A., Shahabi, H., Revhaug, I., Pradhan, B., Bui, D.T. (2018). A Comparative Assessment of Decision Trees Algorithms for Flash Flood Susceptibility Modeling at Haraz Watershed, Northern Iran // *Science of the Total Environment*. — Vol. 627. — Pp. 744–755. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.266>. [in Eng.]
- Kratzert, F., Klotz, D., Brenner, C., Schulz, K., Herrnegger, M. (2018). Rainfall–Runoff Modelling Using Long Short-Term Memory (LSTM) Networks // *Hydrology and Earth System Sciences*. — Vol. 22. — Pp. 6005–6022. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-22-6005-2018>. [in Eng.]
- Mosavi, A., Ozturk, P., Chau, K.W. (2018). Flood Prediction Using Machine Learning Models // *Literature Review. Water*. — Vol. 10. — No. 11. Pp. 1536. DOI: <https://doi.org/10.3390/w10111536>. [in Eng.]
- Rahmati, O., Zeinivand, H., Besharat, M. (2016). Flood Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio and Weights-of-Evidence Models in GIS. *Arabian Journal of Geosciences*. — Vol. 9. — Pp. 617. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12517-016-2617-1>. [in Eng.]
- Shen, X., Anagnostou, E.N., Allen, G.H., Brakenridge, G.R., Kettner, A.J. (2019). Near-Real-Time Non-Obstructed Flood Detection Using Synthetic Aperture Radar. *Remote Sensing of Environment*. — Vol. 221. — Pp. 302–315. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.11.021>. [in Eng.]
- Sit, M., Demiray, B.Z., Xiang, Z., Ewing, G.J., Sermet, Y., Demir, I. (2020). A Comprehensive Review of Deep Learning Applications in Hydrology and Water Resources. *Water Science and Engineering*. — Vol. 13. — No. 4. Pp. 259–274. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wse.2020.11.003>. [in Eng.]
- Teng, J., Jakeman, A.J., Vaze, J., Croke, B.F.W., Dutta, D., Kim, S. (2017). Flood Inundation Modelling: A Review of Methods, Recent Advances and Uncertainty Analysis. *Environmental Modelling & Software*. — Vol. 90. — Pp. 201–216. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.01.006>. [in Eng.]
- Zhang, H., Liu, Y., Zhu, Y., Zhang, L., Zhang, J. (2019). A Deep Learning Approach for Flood Detection Using Multi-Source Remote Sensing Data. *IEEE Access*. — Vol. 7. — Pp. 150136–150148. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2947742>. [in Eng.]
- Zhao, G., Pang, B., Xu, Z., Yue, J., Tu, T. (2018). Mapping Flood Extent Using Sentinel-1 SAR Data with Machine Learning Algorithms. *Remote Sensing*. — Vol. 10. — No. 7. Pp. 1035. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs10071035>. [in Eng.]

**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 30.06.2026.

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