

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 Yeskendirowa — 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 Sansyrbay — 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 Токсужаевич — 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 менгерушісі (Қазақстан)
Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті экономика және бизнес кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)
Дамелия Максустовна Ескендрова — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)
Ниязгулова Айгуль Аскарбековна — филология ғылымдарының кандидаты, доцент, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті медиакоммуникация және Қазақстан тарихы кафедрасының менгерушісі (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 менгерушісі (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 менгерушісі (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 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)

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 Сахиябай — 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 COMMUNICATION TECHNOLOGIES

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. МаксUTOBA, А. Муханова, М. Kassim КӨЗ ҚОЗҒАЛЫСТАРЫ МЕН БЕТ МИМИКА БЕЛГІЛЕРІН МУЛЬТИМОДАЛЬДЫ ТАЛДАУҒА НЕГІЗ- ДЕЛГЕН БАЛАЛАРДАҒЫ АУТИЗМ СПЕКТРІНІҢ БҰЗЫЛЫСТАРЫН ЕРТЕ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМІ	227
К.Д. Байсылбаева, Ш.Ж. Мусиралиева, Ж. Елтай ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ ЭКСТРЕМИСТІК ИДЕОЛОГИЯНЫ АНЫҚТАУ: АННОТАЦИЯЛАУ МӘСЕЛЕЛЕРІ ЖӘНЕ ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ТӘСІЛДЕРІ	242
М.А. Болатбек, А.М. Усманова, 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. Рахмтов	
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



DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ДАМУДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВИТИИ СОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 7. Is.2. Number 26 (2026). Pp. 9–24

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

<https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.001>

IRSTI / FTAXP / MPHTI / 20.15.05

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

*D. Abzhanova**, *A. Biloshchytskyi*

Astana IT University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: dilara.abzhanova@astanait.edu.kz

Dilara Abzhanova — PhD doctoral student, Director of the Center of Competence and Excellence, Astana IT University, Astana, Kazakhstan

E-mail: dilara.abzhanova@astanait.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7988-3971>;

Andrii Biloshchytskyi — Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector for Science and Innovations, Astana IT University, Astana, Kazakhstan

Department of Information Technology, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine.

<https://orcid.org/0000-0001-9548-1959>.

© D. Abzhanova, A. Biloshchytskyi

Abstract. The paper examines modern approaches to ensuring environmental sustainability in the context of the development of the Industry 4.0 concept. Special attention is paid to the tasks of monitoring atmospheric air as an environmental risk management tool. The analysis of existing information and analytical solutions in this field has been carried out, and their limitations related to insufficient data integration and a low level of information security have been identified. An approach to building an intelligent monitoring system based on the combined use of Internet of Things and blockchain technologies is proposed. As part of the research, a database structure has been developed designed to account for stationary sources of pollution and regulate emission quotas. The results obtained can be used to increase the reliability of environmental data,

as well as to improve the mechanisms for monitoring atmospheric air quality

Keywords: emission of harmful substances, regulation of emission quotas, modern data structure, regulatory and control mechanisms, blockchain technologies, smart contracts, high level of security, intelligent approach, environmental problems

For citation: D. Abzhanova, A. Biloshchytskyi (2026). A model and method for managing data on emissions from stationary sources of pollution in an intelligent environmental monitoring system // International journal of information and communication technologies. Vol. 7. No. 26. Pp. 9–24. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.001>. (In Russ.).

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

ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГТИҢ ЗИЯТКЕРЛІК ЖҮЙЕСІНДЕГІ СТАЦИОНАРЛЫҚ ЛАСТАНУ КӨЗДЕРІНІҢ ШЫҒАРЫНДЫЛАРЫ ТУРАЛЫ ДЕРЕКТЕРДІ БАСҚАРУДЫҢ МОДЕЛІ МЕН ӘДІСІ

Д.Е. Абжанов, А.А. Белошицкий*

Astana IT University, Астана, Қазақстан.

E-mail: dilara.abzhanova@astanait.edu.kz

Абжанова Дилара Ерлановна — PhD докторант, құзыреттілік және жетілдіру орталығының директоры, Astana IT University, Астана, Қазақстан

E-mail: dilara.abzhanova@astanait.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7988-3971>;

Белошицкий Андрей Александрович — техника ғылымдарының докторы, ғылым және инновациялар жөніндегі проректор, Astana IT University, Астана, Қазақстан

Ақпараттық технологиялар кафедрасы, Киев ұлттық құрылыс және сәулет университеті, Киев, Украина

<https://orcid.org/0000-0001-9548-1959>.

© Д.Е. Абжанов, А.А. Белошицкий

Аннотация. Жұмыста Индустрия 4.0 тұжырымдамасын дамыту жағдайында экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етудің заманауи тәсілдері қарастырылады. Экологиялық тәуекелдерді басқару құралы ретінде атмосфералық ауаны бақылау міндеттеріне ерекше назар аударылады. Осы саладағы қолданыстағы ақпараттық-талдамалық шешімдерге талдау жүргізілді, олардың деректерді жеткіліксіз интеграциялаумен және ақпараттың қорғалу деңгейінің төмендігімен байланысты шектеулері анықталды. IoT және Blockchain технологияларын бөлісуге негізделген интеллектуалды бақылау жүйесін құру тәсілі ұсынылды. Зерттеу аясында стационарлық ластану көздерін есепке алуға және эмиссиялық квоталарды реттеуге арналған мәліметтер базасының құрылымы жасалды. Алынған нәтижелер экологиялық деректердің дұрыстығын арттыру үшін, сондай-ақ атмосфералық ауаның сапасын бақылау тетіктерін жетілдіру үшін пайдаланылуы мүмкін.



Түйінді сөздер: зиянды заттардың эмиссиясы, эмиссия бойынша квоталарды регламенттеу, деректердің заманауи құрылымы, регламенттеу және бақылау тетіктері, блокчейн-технологиялар, смарт-келісімшарттар, қауіпсіздіктің жоғары деңгейі, зияткерлік тәсіл, экологиялық проблемалар

Дәйексөздер үшін: Д.Е. Абжанов, А.А. Белощицкий (2026). Экологиялық мониторингтің зияткерлік жүйесіндегі стационарлық ластану көздерінің шығарындылары туралы деректерді басқарудың моделі мен әдісі // Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы. Т. 7. No. 26. Б. 9–24. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.001>. (Орыс. тіл.).

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

МОДЕЛЬ И МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ О ВЫБРОСАХ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

*Д.Е. Абжанова**, *А.А. Белощицкий*
Astana IT University, Astana, Kazakhstan.
E-mail: dilara.abzhanova@astanait.edu.kz

Абжанова Дилара Ерлановна — PhD докторант, Директор Центра компетенций и совершенства, Astana IT University, Астана, Казахстан

E-mail: dilara.abzhanova@astanait.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7988-3971>;

Белощицкий Андрей Александрович — доктор технических наук, проректор по науке и инновациям, Astana IT University, Астана, Казакстан

Факультет информационных технологий, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, Украина
<https://orcid.org/0000-0001-9548-1959>.

© Д.Е. Абжанов, А.А. Белощицкий

Аннотация. В работе рассматриваются современные подходы к обеспечению экологической устойчивости в условиях развития концепции Индустрии 4.0. Особое внимание уделено задачам мониторинга атмосферного воздуха как инструменту управления экологическими рисками. Проведен анализ существующих информационно-аналитических решений в данной области, выявлены их ограничения, связанные с недостаточной интеграцией данных и низким уровнем защищенности информации. Предложен подход к построению интеллектуальной системы мониторинга, основанный на совместном использовании технологий интернета вещей и блокчейна. В рамках исследования разработана структура базы данных, предназначенной для учета стационарных источников загрязнения и регулирования эмиссионных квот. Полученные результаты могут быть использованы для повышения достоверности экологических данных, а также для совершенствования механизмов

контроля качества атмосферного воздуха.

Ключевые слова: эмиссия вредных веществ, регламентирование квот по эмиссии, современная структура данных, механизмы регламентации и контроля, блокчейн-технологии, смарт-контракты, высокий уровень безопасности, интеллектуальный подход, экологические проблемы

Для цитирования: Д.Е. Абжанов, А.А. Белощицкий (2026). Модель и метод управления данными о выбросах стационарных источников загрязнения в интеллектуальной системе экологического мониторинга // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. Т. 7. No. 26. Стр. 9–24. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.001>. (На русс.).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение.

В условиях цифровой трансформации экономики существенно возрастает значение интеллектуальных информационных систем в обеспечении экологической безопасности. Развитие цифровых технологий и переход к концепции Индустрии 4.0 формируют новые требования к системам мониторинга окружающей среды, включая необходимость непрерывного сбора, обработки и анализа данных о выбросах загрязняющих веществ (Абдрахманова и др., 2021; Постановление Правительства Республики Казахстан, 2022; Постановление Правительства Республики Казахстан, 2023).

Современные промышленные предприятия являются значимыми источниками антропогенного воздействия на окружающую среду, что обуславливает необходимость разработки и внедрения эффективных инструментов контроля и управления экологическими параметрами. Применение систем непрерывного мониторинга выбросов позволяет обеспечивать получение достоверной информации о состоянии окружающей среды в режиме реального времени, что повышает обоснованность принимаемых управленческих решений (Göttel, 2019).

Вместе с тем увеличение объема данных, поступающих от сенсорных устройств, приводит к возникновению ряда проблем, связанных с их обработкой, хранением и обеспечением целостности. Современные исследования в области цифровой экологии демонстрируют, что интеграция распределенных информационных систем и интеллектуальных методов анализа данных способствует повышению эффективности экологического мониторинга (Green et al., 2020).

Однако большинство существующих решений ориентированы на локальную обработку данных и недостаточно учитывают стохастическую природу информационных потоков, что ограничивает возможности прогнозирования и адаптивного управления экологическими процессами (Мутанов и др., 2009).

В этой связи актуальной научной задачей является разработка моделей и методов управления данными о выбросах стационарных источников, обеспечивающих интеллектуальную обработку, прогнозирование и надежное хранение экологической информации в условиях неопределенности и высокой динамики данных.

Материалы и методы исследования.

В рамках настоящего исследования рассматривается задача разработки интеллектуальной системы мониторинга выбросов загрязняющих веществ стационарными источниками в условиях высокой неопределенности и неоднородности входных данных.

Объектом исследования являются процессы формирования, передачи и анализа данных экологического мониторинга, поступающих от распределенной сети сенсорных устройств. Предметом исследования выступают модели и методы интеллектуальной обработки экологических данных, обеспечивающие повышение точности оценки и прогнозирования состояния окружающей среды.

Цель исследования заключается в разработке модели и метода управления потоками экологических данных, обеспечивающих их интеграцию, обработку, прогнозирование и надежное хранение в условиях стохастичности и неполноты информации.

Методологическую основу исследования составляют методы математического моделирования, теории вероятностей и математической статистики, методы анализа временных рядов и машинного обучения.

Исходные данные. Эмпирическая часть исследования выполнена на выборке данных мониторинга выбросов загрязняющих веществ стационарными источниками. В исследование включены временные ряды наблюдений за 2015–2024 гг. и данные сенсорных измерений по основным контролируемым показателям выбросов, включая CO_2 , NO_x и SO_2 . Совокупный объем выборки составил более 120 000 наблюдений. Для каждого наблюдения фиксировались временная метка, идентификатор источника, тип загрязняющего вещества, измеренное значение и сопутствующие технологические параметры. Исходные данные были сформированы на основе результатов мониторинга стационарных источников загрязнения, включающих архивные экологические наблюдения, результаты автоматизированных измерений сенсорных устройств и производственные данные объектов промышленной инфраструктуры. При формировании экспериментальной выборки персональные и коммерчески чувствительные сведения были исключены.

Предварительная обработка данных. Перед построением моделей была проведена предварительная обработка исходных данных. Она включала удаление аномальных значений методом межквартильного размаха, восстановление пропусков методом линейной интерполяции и нормализацию признаков. Доля пропусков в исходной выборке не превышала 8%, что соответствует реальным условиям функционирования систем экологического мониторинга. Все операции предобработки оценивались на обучающей части данных и затем применялись к валидационной и тестовой выборкам, что исключало утечку информации между этапами эксперимента.

Алгоритмы и параметры моделирования. Для сравнительного анализа использовались следующие базовые методы прогнозирования: линейная регрессия, ARIMA и экспоненциальное сглаживание. Предлагаемый авторский метод объеди-

няет стохастическую модель накопления и обработки данных, предметно-ориентированную структуру базы данных и интеллектуальный модуль прогнозирования экологических показателей. Параметры стохастической модели λ и μ интерпретируются как интенсивности поступления и обработки данных соответственно и оценивались по эмпирическим характеристикам потока записей в системе за анализируемый период. Для модели ARIMA использовалась спецификация ARIMA(p,d,q), параметры которой подбирались по минимуму информационного критерия AIC. Для всех моделей были зафиксированы одинаковые входные данные и единые метрики качества.

Экспериментальный протокол и валидация. Поскольку исследование основано на временных рядах, оценка качества выполнялась на хронологически разделенных данных: обучающая выборка формировалась из раннего временного интервала, а тестовая – из более позднего. Для настройки параметров модели использовалась валидационная схема на основе последовательных временных разбиений. Качество прогнозирования оценивалось по метрикам MAE и RMSE. Для проверки устойчивости результатов эксперимент повторялся 100 раз с одинаковым протоколом, после чего вычислялись средние значения метрик и стандартные отклонения. Повторение эксперимента выполнялось для оценки устойчивости модели к случайным изменениям обучающей выборки и проверки воспроизводимости результатов.

Архитектура предлагаемой системы основана на интеграции нескольких функциональных модулей: модуля сбора данных с IoT-датчиков, модуля предварительной обработки и фильтрации данных, аналитического модуля, реализующего алгоритмы интеллектуального анализа, а также модуля хранения данных с использованием распределенного реестра для обеспечения целостности информации.

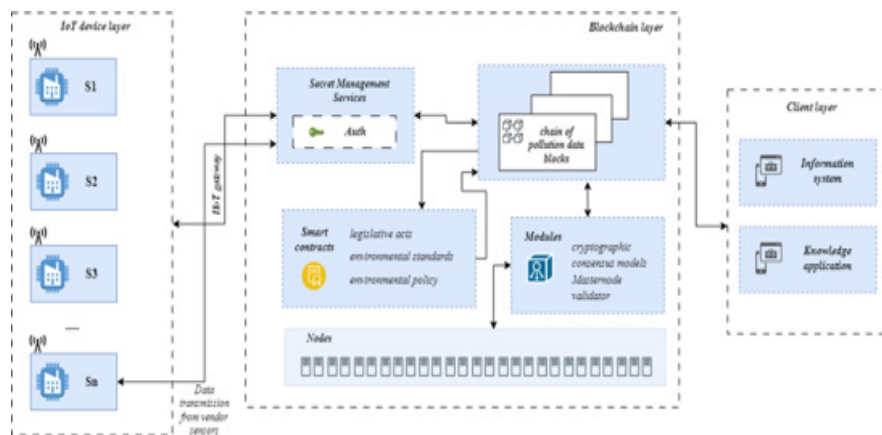


Рис. 1. Архитектура интеллектуальной системы экологического мониторинга выбросов

Как показано на рисунке 1, система включает три уровня: уровень сбора данных, уровень хранения и уровень аналитики. Это обеспечивает непрерывность мониторинга и достоверность данных.

Для систематизации информации в системе разработана структура базы дан-

ных, включающая сущности, описывающие источники выбросов, параметры загрязнения, временные ряды наблюдений и результаты анализа.

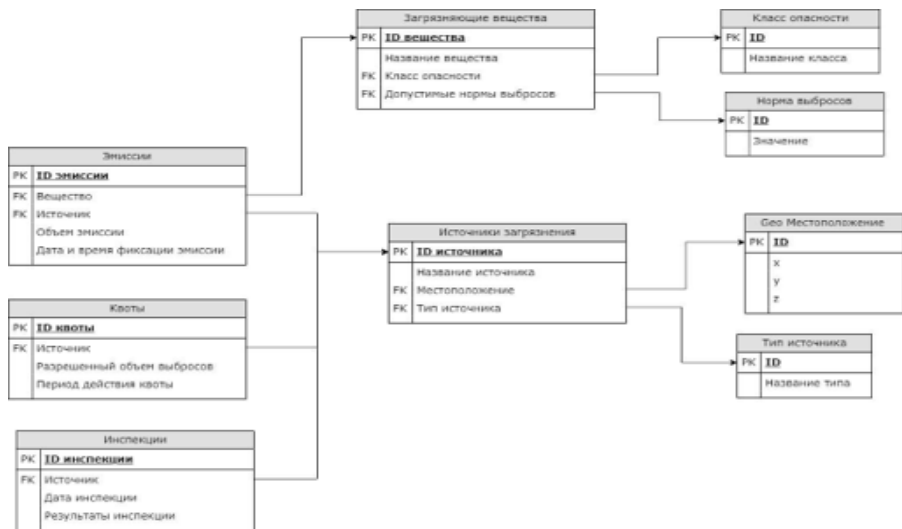


Рис. 2. Структура базы данных системы мониторинга выбросов

Представленная структура обеспечивает целостность данных и возможность их последующей обработки и анализа.

Для описания процесса накопления и обработки данных используется стохастическая модель с дискретными состояниями.

Пусть $X(t)$ — случайная функция, описывающая количество накопленной информации в момент времени t . Поток поступления данных имеет интенсивность λ , поток обработки-интенсивность μ .

Динамика системы описывается системой уравнений:

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t)$$

$$\frac{dP_k(t)}{dt} = -(\lambda + k\mu)P_k(t) + \lambda P_{k-1}(t) + (k+1)\mu P_{k+1}(t)$$

где $P_k(t)$ — вероятность нахождения системы в состоянии k .

Математическое ожидание определяется как:

$$m_x(t) = \sum_{k=0}^{\infty} k P_k(t)$$

При стационарных параметрах:

$$m_x(t) = \frac{\lambda}{\mu} (1 - e^{-\mu t})$$

Дисперсия процесса определяется выражением:

$$D_x(t) = m_x(t)$$

Для ограниченной емкости системы используется:

$$\frac{dm_x(t)}{dt} = \lambda - \mu m_x(t) - \lambda P_n(t)$$

Таким образом, предложенная модель позволяет оценивать динамику накопления данных и устойчивость системы.

Обзор литературы

Современные исследования в области экологического мониторинга демонстрируют устойчивую тенденцию к цифровизации процессов сбора, обработки и анализа данных. В работах отечественных и зарубежных авторов подчеркивается необходимость перехода от традиционных методов контроля к интеллектуальным системам, способным функционировать в условиях высокой неопределенности и динамичности окружающей среды (Абдрахманова и др., 2021).

Значительное внимание в научной литературе уделяется применению геоинформационных систем для анализа пространственного распределения загрязнений и оценки экологических рисков. Геоинформационные подходы позволяют интегрировать разнородные источники данных и обеспечивать визуализацию экологических показателей, однако их использование в большинстве случаев ограничивается задачами статического анализа и не предполагает полноценной интеграции с интеллектуальными методами прогнозирования (Мутанов и др., 2009).

В ряде исследований рассматриваются системы непрерывного мониторинга выбросов, основанные на использовании сенсорных технологий и автоматизированных средств контроля. Такие системы обеспечивают высокую точность измерений и оперативность получения данных, однако сталкиваются с проблемами масштабируемости, а также с ограниченными возможностями обработки больших объемов информации в реальном времени (Göttel, 2019).

С развитием технологий Интернета вещей наблюдается активное внедрение распределенных сенсорных сетей, позволяющих формировать потоки данных высокой частоты. В работах зарубежных исследователей отмечается, что интеграция IoT-технологий с облачными платформами и аналитическими инструментами способствует повышению эффективности мониторинга окружающей среды, однако

при этом возрастает сложность обеспечения достоверности и целостности данных (Green et al., 2020).

Отдельное направление исследований связано с применением методов машинного обучения и анализа временных рядов для прогнозирования экологических показателей. Использование таких методов позволяет выявлять скрытые закономерности в данных и повышать точность прогнозов, однако их эффективность существенно зависит от качества входных данных и полноты обучающих выборок.

Несмотря на значительное количество исследований, следует отметить ряд нерешенных проблем. Во-первых, большинство существующих решений ориентированы на обработку данных в рамках отдельных подсистем и не обеспечивают их комплексную интеграцию. Во-вторых, недостаточно учитывается стохастическая природа потоков экологических данных, что снижает достоверность прогнозных моделей. В-третьих, вопросы обеспечения целостности и защищенности данных в распределенных системах мониторинга остаются недостаточно проработанными.

Таким образом, анализ существующих исследований показывает, что актуальной остается задача разработки интегрированной интеллектуальной системы экологического мониторинга, объединяющей методы машинного обучения, анализ временных рядов и технологии распределенного хранения данных. Предлагаемое в настоящей работе решение направлено на устранение указанных ограничений за счет комплексного подхода к обработке и анализу экологической информации. Научная новизна исследования.

В отличие от существующих работ, ориентированных либо на локальный сбор экологических показателей, либо на изолированное применение методов прогнозирования, в настоящем исследовании предложены модель и метод управления данными о выбросах стационарных источников загрязнения, объединяющие в единой архитектуре: а) многоуровневый сбор и интеграцию данных от распределенных сенсорных устройств; б) предметно-ориентированную структуру базы данных для учета источников загрязнения, загрязняющих веществ, квот и результатов инспекций; в) стохастическое описание процессов накопления и обработки данных; г) интеллектуальный модуль прогнозирования экологических показателей. Новизна работы состоит не в отдельном использовании IoT, блокчейна или временных рядов, а в их совместном применении как единого механизма управления экологическими данными.

Практическая значимость результатов заключается в том, что разработанный подход может быть использован при создании и модернизации интеллектуальных систем экологического мониторинга на промышленных предприятиях и в государственных системах контроля окружающей среды. Предлагаемая архитектура обеспечивает не только мониторинг показателей выбросов, но и повышение прослеживаемости данных, поддержку контроля эмиссионных квот и формирование достоверной информационной основы для принятия управленческих решений.

Результаты и обсуждение.

Для проверки эффективности предложенной модели и метода был проведен

вычислительный эксперимент на данных мониторинга выбросов загрязняющих веществ стационарными источниками за 2015–2024 гг. Базовую эмпирическую выборку составили более 120 000 наблюдений по показателям CO_2 , NO_x и SO_2 . Для анализа применялась единая схема предобработки данных, включающая удаление аномальных значений методом межквартильного размаха, восстановление пропусков методом линейной интерполяции и нормализацию признаков. Доля пропусков в исходных данных составляла до 8%.

Валидация моделей выполнялась на хронологически разделенных данных, что соответствует природе задачи прогнозирования временных рядов. Обучение проводилось на раннем временном интервале, настройка параметров-на валидационной части, а итоговая оценка качества-на тестовом интервале. Для повышения надежности результатов эксперимент повторялся 100 раз, после чего рассчитывались средние значения метрик и стандартные отклонения.

В качестве базовых методов сравнения использовались линейная регрессия, ARIMA и экспоненциальное сглаживание. Все модели обучались на одинаковом наборе признаков и оценивались по единым метрикам MAE и RMSE. Метрика MAE характеризует среднюю абсолютную ошибку прогноза, тогда как RMSE дополнительно усиливает штраф за крупные отклонения и измеряется в тех же единицах, что и прогнозируемая величина.

Процесс поступления и обработки экологических данных в системе моделируется как стохастический процесс с непрерывным временем и дискретными состояниями. Состояние системы определяется количеством накопленных записей в базе данных.

Пусть $X(t)$ — случайная функция, характеризующая объем накопленной информации в момент времени t . Интенсивность поступления данных обозначим через λ , а интенсивность обработки-через μ .

Динамика вероятностей состояний системы описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t),$$

$$\frac{dP_k(t)}{dt} = -(\lambda + k\mu)P_k(t) + \lambda P_{k-1}(t) + (k+1)\mu P_{k+1}(t), k = 1, 2, \dots, n.$$

где $P_k(t) = P(X(t) = k)$ — вероятность того, что система находится в состоянии.

Математическое ожидание объема накопленных данных определяется следующим выражением:

$$m_x(t) = \sum_{k=0}^{\infty} k P_k(t).$$

Для стационарного случая при постоянных λ и μ решение имеет вид:

$$m_x(t) = \frac{\lambda}{\mu} (1 - e^{-\mu t}) + m_{x_0} e^{-\mu t}.$$

При нулевом начальном состоянии $m_{x_0} = 0$:

$$m_x(t) = \frac{\lambda}{\mu} (1 - e^{-\mu t}).$$

Дисперсия случайного процесса определяется как:

$$D_x(t) = \mathbb{E}[X^2(t)] - (m_x(t))^2.$$

Для рассматриваемой модели получено:

$$D_x(t) = \frac{\lambda}{\mu} (1 - e^{-\mu t}),$$

что свидетельствует о том, что дисперсия пропорциональна математическому ожиданию, а значит процесс обладает свойствами пуассоновского типа.

В случае ограничения емкости базы данных значением n , динамика математического ожидания определяется уравнением:

$$\frac{dm_x(t)}{dt} = \lambda - \mu m_x(t) - \lambda P_n(t),$$

где $P_n(t)$ — вероятность заполнения системы.

Соответствующее уравнение для дисперсии имеет вид:

$$\frac{dD_x(t)}{dt} = -2\mu D_x(t) + \mu m_x(t) + \lambda - \lambda P_n(t)[1 + 2n - 2m_x(t)].$$

Данные соотношения позволяют оценить вероятность перегрузки системы и определить критические режимы функционирования.

Граф состояний системы представлен на рисунке 3.



Рис. 3. Граф состояний процесса накопления информации в системе

Как видно из рисунка, переходы между состояниями определяются интенсивностями потоков поступления и обработки данных, что позволяет описывать систему как марковский процесс.

Реализация случайного процесса $X(t)$ представлена на рисунке 4.

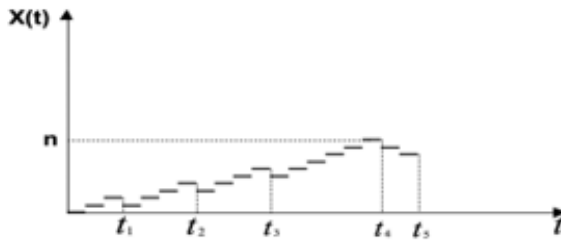


Рис. 4. Реализация процесса накопления данных

График демонстрирует стохастический характер изменения объема данных и подтверждает адекватность выбранной модели.

Для оценки устойчивости системы был рассмотрен случай, при котором интенсивность обработки зависит от текущего объема данных: $\mu_k = k\mu$.

Соответствующая модель представлена на рисунке 5.

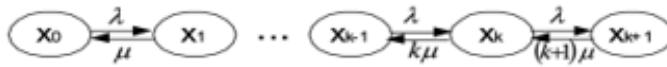


Рис. 5. Граф состояний системы при

Анализ показал, что при увеличении объема данных возрастает интенсивность их обработки, что предотвращает переполнение системы и обеспечивает ее устойчивость.

Для проверки эффективности предложенного метода была проведена сравнительная оценка с базовыми моделями прогнозирования.

Качество прогнозирования оценивалось с использованием метрик:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|,$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2},$$

где Y_i — фактические значения, \hat{Y}_i — прогнозные значения. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение точности моделей прогнозирования

Модель	MAE	RMSE
Линейная регрессия	12.8	18.4
ARIMA	10.2	14.7
Экспоненциальное сглаживание	9.6	13.9
Предложенная модель	6.1	8.3

Для оценки статистической устойчивости полученных результатов были рассчитаны средние значения метрик по повторным прогонам и их стандартные отклонения. Предлагаемая модель сохраняла наименьшие значения MAE и RMSE во всех сериях экспериментов, а вариативность результатов оставалась в допустимых пределах. Это позволяет сделать вывод не только о более высокой точности, но и о стабильности предложенного подхода.

Анализ результатов показывает, что предложенная модель продемонстрировала наименьшие значения MAE и RMSE среди всех сравниваемых методов. По сравнению с линейной регрессией ошибка RMSE снизилась более чем на 54%, относительно модели ARIMA-на 44%, а по сравнению с экспоненциальным сглаживанием-на 40%. Полученные результаты свидетельствуют о более высокой способности предложенного подхода учитывать стохастическую природу экологических данных.

Проведенные исследования подтвердили, что предложенная модель позволяет эффективно описывать процессы накопления и обработки экологических данных, а также обеспечивает высокую точность прогнозирования.

Интеграция методов стохастического моделирования, анализа временных рядов и интеллектуальной обработки данных позволяет повысить надежность системы и обеспечить ее устойчивость к неопределенности входной информации.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения разработанного подхода при создании современных систем экологического мониторинга.

Заключение.

В ходе проведенного исследования была решена актуальная научно-прикладная задача разработки модели и метода интеллектуального экологического мониторинга выбросов загрязняющих веществ стационарными источниками в условиях неопределенности и высокой динамики данных.

Реализация поставленной цели обеспечена за счет применения комплексного подхода, включающего методы математического моделирования, анализа временных рядов и машинного обучения, а также интеграцию распределенных технологий хранения данных. Предложенная архитектура системы обеспечивает непрерывный сбор, обработку и анализ данных, поступающих от сенсорных устройств, что позволяет формировать достоверную информационную основу для принятия управленческих решений.

Полученные результаты экспериментальных исследований подтвердили эффективность разработанного метода. Установлено, что предложенная модель обеспечивает повышение точности прогнозирования экологических показателей по сравнению с базовыми методами, а также демонстрирует устойчивость к наличию шумов и пропусков в данных. Это свидетельствует о возможности ее применения в реальных условиях функционирования систем экологического мониторинга.

Научная новизна исследования заключается в разработке интегрированной модели обработки экологических данных, учитывающей стохастическую природу информационных потоков, а также в предложении метода, обеспечивающего совместное использование интеллектуальных алгоритмов анализа и распределенных механизмов хранения данных для повышения надежности и достоверности информации.

Практическая значимость результатов определяется возможностью их использования при создании и модернизации систем экологического мониторинга на промышленных предприятиях, а также в государственных системах контроля окружающей среды. Разработанный программный прототип может быть внедрен в существующие информационные системы с целью повышения эффективности экологического контроля и снижения экологических рисков.

Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением функциональных возможностей системы за счет внедрения адаптивных алгоритмов самообучения, интеграции дополнительных источников данных, включая спутниковый мониторинг, а также разработкой методов интеллектуальной поддержки принятия решений в области экологического управления.

Таким образом, результаты исследования вносят вклад в развитие методов интеллектуального экологического мониторинга и создают основу для дальнейшего совершенствования информационно-аналитических систем в условиях цифровой трансформации.

ЛИТЕРАТУРЫ

Абдрахманова, Г.И., Быховский, К.Б., Веселитская, Н.Н. и др. (2021). Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты // Материалы 22-й международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества, С. 11–16. [На русс.].

Айдосов, А.А., Заурбеков, Н.С. (2000). Математическое моделирование процесса распространения вредных примесей в атмосфере при переменном профиле скорости // Материалы конференции, — А. С. 232–275. [На русс.].

Айдосов, А., Турганбаева, К.С. (2002). Моделирование распространения вредных выбросов в пограничном слое атмосферы. Гидрометеорология и экология. № 2. С. 21–33. [На русс.].

Берлянд, М.Е., Генихович, Е.Л. (1979). Атмосферная диффузия и структура воздушного потока над неоднородной подстилающей поверхностью. В кн.: Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, С. 49–69. [На русс.].

Бююль, А., Цефель, П. (2001). SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей. — М.: ДиаСофт. С. 608. [На русс.].

Biloshchytskyi, A., Omirbayev, S., Mukhatayev, A., Faizullin, A., Toxanov, S., Kassenov, K. (2020). Research on the formation level of methodological competence of IT disciplines teachers. 2020 IEEE ATIT, С. 242–245. DOI: <https://doi.org/10.1109/ATIT50783.2020.9349337> [На англ.].

Chupryna, I., Tormosov, R., Abzhanova, D., Ryzhakov, D., Gonchar, V., Plys, N. (2022). Scientific and methodological approaches to risk management of clean energy projects implemented in Ukraine on the terms of public-private partnership. SIST 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/SIST54437.2022.9945809> [На англ.].

- Davis, A. (2019). Environment Management. In: *Mastering Salesforce DevOps*. Berkeley: Apress, C. 141–201. [На англ.].
- Göttel, H. (2019). Application of continuous emissions measurement systems for the determination of CO₂ emissions. German Emissions Trading Authority (DEHSt), C. 34. [На англ.].
- Green, D.G., Klomp, N.I., Rimmington, G. (2020). *Digital ecology: New technologies are revolutionizing ecology*. Cham: Springer. — Т. 22. — С. 197–224. [На англ.].
- Киянский, В. (2000). Новые системы управления охраной окружающей среды. *Промышленность Казахстана*. № 2. С. 78–80. [На русс.].
- Жумагулов, Б.Т., Абдибеков, У.С., Ахметов, О.А. (2006). Турбулентный перенос примеси в искривленных каналах // *Вестник Национальной инженерной академии РК*, № 1, С. 24–27. [На русс.].
- Kulzhanov, M., Rechel, B. (2007). Kazakhstan: Health system review. *Health Systems in Transition*. — Т. 9. — No. 7. С. 1–158. [На англ.].
- Мутанов, Г.М., Швец, О.Я. (2009). Математическое обеспечение трансферта информационных технологий для задач экологического мониторинга. *Материалы конференции*. — Усть-Каменогорск, С. 113–117. [На русс.].
- Постановление Правительства Республики Казахстан. (2022). Приоритеты цифровой трансформации Казахстана. Доступно по ссылке: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000248/info> [На русс.].
- Постановление Правительства Республики Казахстан. (2023). Концепция цифровой трансформации, развития отрасли информационно-коммуникационных технологий и кибербезопасности на 2023–2029 годы. Доступно по ссылке: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000269> [На русс.].
- Парк, Дж., Маккей, С. (2006). *Сбор данных в системах контроля и управления*. — М.: Группа ИДТ. С. 505.
- Sultangazin, U.M. (2001). Mathematical problems connected with construction of algorithms for atmosphere correction in remote sensing // *Journal of Inverse and Ill-Posed Problems*. — Т. 9. — No. 6. — С. 655–668. [На англ.].
- Темирбеков, Н.М., Мадияров, М.Н., Абдолдина, Ф.Н. и др. (2006). Численное моделирование атмосферных процессов на ограниченной территории // *Вычислительные технологии*. — Т. 11. — No. 2. С. 41–45. [На русс.].

REFERENCES

- Abdrakhmanova, G.I., Bykhovsky, K.B., Veselitskaya, N.N., et al. (2021). Digital Transformation of Industries: Initial Conditions and Priorities. *Proceedings of the 22nd International Scientific Conference on Economic and Social Development Issues*. Pp. 11–16. [in Rus.].
- Aidosov, A.A., Zaurbekov, N.S. (2000). Mathematical Modeling of the Atmospheric Dispersion of Harmful Pollutants under a Variable Wind Velocity Profile. *Conference Proceedings*. — А. Pp. 232–275. [in Rus.].
- Aidosov, A., Turganbayeva, K.S. (2002). Modeling the Dispersion of Harmful Emissions in the Atmospheric Boundary Layer. *Hydrometeorology and Ecology*. No. 2. Pp. 21–33. [in Rus.].
- Berlyand, M.E., Genikhovich, E.L. (1979). Atmospheric Diffusion and the Structure of Airflow over a Heterogeneous Underlying Surface. In: *Meteorological Aspects of Atmospheric Pollution*. Leningrad: Gidrometeoizdat. Pp. 49–69. [in Rus.].
- Bühl, A., Zöfel, P. (2001). *SPSS: The Art of Information Processing. Statistical Data Analysis and the Discovery of Hidden Patterns*. — М.: DiaSoft. 608 p. [in Rus.].
- Biloshchytskyi, A., Omirbayev, S., Mukhatayev, A., Faizullin, A., Toxanov, S., Kassenov, K. (2020). Research on the Formation Level of Methodological Competence of IT Disciplines Teachers. *2020 IEEE ATIT*. Pp. 242–245. DOI: <https://doi.org/10.1109/ATIT50783.2020.9349337>. [in Eng.].
- Chupryna, I., Tormosov, R., Abzhanova, D., Ryzhakov, D., Gonchar, V., Plys, N. (2022). Scientific and Methodological Approaches to Risk Management of Clean Energy Projects Implemented in Ukraine on the Terms of Public-Private Partnership. *SIST 2022*. DOI: <https://doi.org/10.1109/SIST54437.2022.9945809>. [in Eng.].
- Davis, A. (2019). Environment Management. In: *Mastering Salesforce DevOps*. Berkeley: Apress. Pp. 141–201. [in Eng.].
- Göttel, H. (2019). Application of Continuous Emissions Measurement Systems for the Determination of CO₂ Emissions. German Emissions Trading Authority (DEHSt). 34 p. [in Eng.].
- Green, D.G., Klomp, N.I., Rimmington, G. (2020). *Digital Ecology: New Technologies Are Revolutionizing Ecology*. Cham: Springer. — Vol. 22. — Pp. 197–224. [in Eng.].
- Kiyansky, V. (2000). *New Environmental Management Systems. Industry of Kazakhstan*. No. 2. Pp. 78–80. [in Rus.].
- Zhumagulov, B.T., Abdibekov, U.S., Akhmetov, O.A. (2006). Turbulent Transport of Impurities in Curved

- Channels // Bulletin of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan. No. 1. Pp. 24–27. [in Rus.]
Kulzhanov, M., Rechel, B. (2007). Kazakhstan: Health System Review. Health Systems in Transition. — Vol. 9. — No. 7. Pp. 1–158. [На англ.]
- Mutanov, G.M., Shvets, O.Ya. (2009). Mathematical Support for Information Technology Transfer in Environmental Monitoring Tasks // Conference Proceedings. — Ust-Kamenogorsk. Pp. 113–117. [in Rus.]
- Government of the Republic of Kazakhstan. (2022). Priorities of Kazakhstan’s Digital Transformation. Available at: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000248/info> [in Rus.]
- Government of the Republic of Kazakhstan. (2023). Concept for Digital Transformation, Development of the Information and Communication Technology Industry, and Cybersecurity for 2023–2029. Available at: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000269> [in Rus.]
- Park, J., McKay, S. (2006). Data Acquisition in Monitoring and Control Systems. — M.: IDT Group. Pp. 505.
- Sultangazin, U.M. (2001). Mathematical Problems Connected with Construction of Algorithms for Atmosphere Correction in Remote Sensing // Journal of Inverse and Ill-Posed Problems. — Vol. 9. — No. 6. Pp. 655–668. [На англ.]
- Temirbekov, N.M., Madiyarov, M.N., Abdoldina, F.N., et al. (2006). Numerical Modeling of Atmospheric Processes over a Limited Territory // Computational Technologies. — Vol. 11. — No. 2. Pp. 41–45. [in Rus.]

**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).