

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN



**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ
ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION
AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

2025 (21) 1

ақпан - наурыз

ISSN 2708–2032 (print)
ISSN 2708–2040 (online)

БАС РЕДАКТОР:

Исахов Асылбек Абдинашмович — басқарма төрағасы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің ректоры, есептеу теориясы саласындағы математика бойынша PhD докторы, “Компьютерлік ғылымдар және информатика” бағыты бойынша қауымдастырылған профессор (Қазақстан)

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

Колесникова Катерина Викторовна — техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының проректоры (Қазақстан)

ҒАЛЫМ ХАТШЫ:

Иналакова Мадина Тулегеновна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті» АҚ, Ғылыми-зерттеу жұмыс департаментінің директоры (Қазақстан)

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

Разак Абдул — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің профессоры (Қазақстан)
Лучио Томмазо де Паолис — Саленто университетінің (Италия) инновациялар және технологиялық инженерия департаменті AVR зертханасының зерттеу және әзірлеу бөлімінің директоры

Лиз Бэкон — профессор, Абергей университеті вице-канцлердің орынбасары (Ұлыбритания)

Микеле Пагано — PhD, Пиза университетінің профессоры (Италия)

Отелбаев Мухтарбай Отелбаевич — физика-математика ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА академигі, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, «Математикалық және компьютерлік модельдеу» кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Рысбайұлы Болатбек — физика-математика ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, «Математикалық және компьютерлік модельдеу» кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің Жабандық серіктестік және қосымша білім беру жөніндегі проректоры (Қазақстан)

Дузбаев Нуржан Токсужаевич — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің Цифрландыру және инновациялар жөніндегі проректоры (Қазақстан)

Синчев Бахтгерей Кусанович — техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Сейлова Нұргүл Абдуллаевна — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Компьютерлік технологиялар және киберқауіпсіздік» факультетінің деканы (Қазақстан)

Мухамедиева Ардак Габитовна — экономика ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Цифрлық трансформациялар» факультетінің деканы (Қазақстан)

Ыдырыс Айжан Жұмабайқызы — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Математикалық және компьютерлік модельдеу» кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)

Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Экономика және бизнес» кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)

Аманжолова Сауле Токсановна — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Киберқауіпсіздік» кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)

Ниязгулова Айгүл Асқарбековна — филология ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Медиакоммуникациялар және Қазақстан тарихы» кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)

Айтмағамбетов Алтай Зуфарович — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Радиотехника, электроника және телекоммуникация» кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Алмисреб Али Абд — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

Мохамед Ахмед Хамада — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

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

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

Мамырбаев Өркен Жұмажанұлы — Ақпараттық жүйелер саласындағы техника ғылымдарының (PhD) докторы, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялары институты директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Қазақстан)

Бушуев Сергей Дмитриевич — техника ғылымдарының докторы, профессор, Украинаның «УКРНЕТ» жобаларды басқару қауымдастығының директоры, Киев ұлттық құрылыс және сәулет университетінің «Жобаларды басқару» кафедрасының менгерушісі (Украина)

Белоощицкая Светлана Васильевна — техника ғылымдарының докторы, доцент, Астана IT университетінің деректер жөніндегі есептеу және ғылым кафедрасының профессоры (Қазақстан)

ЖАУАПТЫ РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жәліқызы — «Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті» АҚ (Қазақстан)

Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Меншіктенуші: «Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті» АҚ (Алматы қ.)

Қазақстан Республикасы Ақпарат және әлеуметтік даму министрлігінің Ақпарат комитетінде – 20.02.2020 жылы берілген.

№ KZ82VPY00020475 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: ақпараттық технологиялар, әлеуметтік-экономикалық жүйелерді дамытудағы цифрлық технологиялар, ақпараттық қауіпсіздік және коммуникациялық технологияларға арналған.

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тиражы: 100 дана

Редакцияның мекенжайы: 050040, Алматы қ-сы, Манас к-сі, 34/1, 709-кабинет, тел: +7 (727) 244-51-09.

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

Журнал сайты: <https://journal.iitu.edu.kz>

© Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті АҚ, 2025

© Авторлар ұжымы, 2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Исахов Асылбек Абдиашимович — доктор PhD по математике в области теории вычислимости, ассоциированный профессор по направлению "Компьютерные науки и информатика", Председатель Правления – Ректор АО «Международный университет информационных технологий» (Казахстан)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

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 кафедры математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, ассоциированный профессор, проректор по глобальному партнерству и дополнительному образованию 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 цифровых трансформаций Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Ыдырыс Айжан Жумабаевна — PhD, ассистент профессор, заведующая кафедрой математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

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

Аманжолова Сауле Токсановна — кандидат технических наук, заведующая кафедрой кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

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

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

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

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

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

Тадеш Валлас — PhD, проректор университета имени 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)

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — АО «Международный университет информационных технологий» (Казахстан).

Международный журнал информационных и коммуникационных технологий

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Собственник: АО «Международный университет информационных технологий» (г. Алматы).

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

Тематическая направленность: информационные технологии, информационная безопасность и коммуникационные технологии, цифровые технологии в развитии социо-экономических систем.

Периодичность: 4 раза в год.

Тираж: 100 экземпляров.

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

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

Сайт журнала: <https://journal.iitu.edu.kz>

© АО Международный университет информационных технологий, 2025

© Коллектив авторов, 2025

EDITOR-IN-CHIEF:

Iskhov Asylbek Abdiashimovich — PhD in Mathematics specializing in Computability Theory and Associate Professor in Computer Science and Informatics, Chairman of the Board, Rector of International Information Technology University (Kazakhstan)

DEPUTY CHIEF DIRECTOR:

Kolesnikova Katerina Viktorovna — Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector of Information Systems Department, International Information Technology University (Kazakhstan)

SCIENTIFIC SECRETARY:

Ipalakova Madina Tulegenovna — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Research Department, International University of Information Technologies (Kazakhstan)

EDITORIAL BOARD:

Razaq Abdul — PhD, Professor of International Information Technology University (Kazakhstan)

Lucio Tommaso de Paolis — Director of Research and Development, AVR Laboratory, Department of Innovation and Process Engineering, University of Salento (Italy)

Liz Bacon — Professor, Deputy Director, and Deputy Vice-Chancellor of the University of Abertay. (Great Britain)

Michele Pagano — Ph.D., Professor, University of Pisa (Italy)

Otelbaev Mukhtarbay Otelbayuly – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Professor of the Department of Mathematical and Computer Modeling of International Information Technology University (Kazakhstan)

Rysbayuly Bolatbek — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)

Daineko Yevgeniya Alexandrovna — PhD, Associate Professor, Vice-Rector for Global Partnership and Continuing Education, International Information Technology University (Kazakhstan)

Duzbaev Nurzhan Tokkuzhaevich — Candidate of Technical Sciences, Vice-Rector for Digitalization and Innovations, International Information Technology University (Kazakhstan)

Sinchev Bakhtgerey Kuspanuly — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Seilova Nurgul Abdullaevna — Candidate of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Computer Technologies and Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Mukhamedieva Ardak Gabitovna – Candidate of Economic Sciences, Dean of the Faculty of Digital Transformations, International Information Technology University (Kazakhstan)

Idyrys Aizhan Zhumabaevna — PhD, Head of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)

Shildibekov Yerlan Zharzhanuly — PhD, Head of the Department of Economics and Business, International Information Technology University (Kazakhstan)

Amanzholova Saule Toksanovna — Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Cyber Security, International Information Technology University (Kazakhstan)

Niyazgulova Aigul Askarbekovna — Candidate of Philology, Head of the Department of Media Communications and History of Kazakhstan, International Information Technology University (Kazakhstan)

Aitmagambetov Altai Zufarovich — Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Radioengineering, Electronics and Telecommunication, International Information Technology University (Kazakhstan)

Almisreb Ali Abd — PhD, Associate Professor, International Information Technology University (Kazakhstan)

Mohamed Ahmed Hamada — PhD, Associate Professor, Department of Information systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Young Im Choo — PhD, Professor, Gachon University (South Korea)

Tadeusz Wallas — PhD, University of Dr. Litt Adam Miscevicz in Poznan (Poland)

Mamyrbayev Orken Zhumazhanovich — PhD in Information Systems, Deputy Director for Science, Institute of Information and Computing Technologies CS MSHE RK (Kazakhstan)

Bushuyev Sergey Dmitriyevich — Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of Удoктoр технических наук, профессор, директор Ukrainian Association of Project Management UKRNET, Head of Project Management Department, Kyiv National University of Construction and Architecture (Ukraine)

Beloshitskaya Svetlana Vasilyevna — Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Computing and Data Science, Astana IT University (Kazakhstan)

EXECUTIVE EDITOR

Mrzabayeva Raushan Zhalieva — International Information Technology University (Kazakhstan)

«International Journal of Information and Communication Technologies»

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Owner: International Information Technology University JSC (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan, Information Committee No. KZ82VPY00020475, issued on 20.02.2020.

Thematic focus: information technology, digital technologies in the development of socio-economic systems, information security and communication technologies

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 100 copies.

Editorial address: 050040. Manas st. 34/1, Almaty. +7 (727) 244-51-09. E-mail: ijct@iitu.edu.kz

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

© International Information Technology University JSC, 2025

© Group of authors, 2025

МАЗМҰНЫ

ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ДАМУДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

М.М. Жалғасова, К.В. Колесникова ICV ҚҰЗЫРЕТТІЛІК МОДЕЛІН ЖОБАЛАРДЫ БАСҚАРУДЫҢ САЛАЛЫҚ ҚАЖЕТТІЛІКТЕРІНЕ БЕЙІМДЕУ.....	8
Г. Мауина, А. Найзағараева, Э. Тулегенова, Б. Жүсіпбек, М.У. Худойбергенов АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ҮШІН SNAR ЖӘНЕ PCA ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ФАКТОРЛАРДЫҢ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫН ТАЛДАУ.....	21
Б. Тасуов, А.Н. Аманбаева, С. Сакниото БІЛІМ АЛУШЫЛАРДЫҢ ЦИФРЛЫҚ САУАТТЫЛЫҒЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ МАҚСАТЫНДА БҰЛТТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ.....	40
Д.А. Шрымбай, Э.Т. Адылбекова, Х.И. Бұлбұл БОЛАШАҚ МҰҒАЛІМДЕРДІҢ КӘСІБИ ДАЙЫНДЫҒЫН ДАМУ ТҰРАҚТЫ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....	58

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

А.А. Быков, А. Нұрланұлы, Н.А. Дауренбаева ТЕМІР ЖОЛДЫҢ ЖЕР ТӨСЕМІНДЕГІ ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ОҚИҒАЛАРДЫ БОЛЖАУ ӘДІСТЕМЕСІ.....	71
К.Б. Бағитова, Ш.Ж. Мусиралиева, Л. Курмангазиева, Ж. Молдашева, И.Терейковский ӘЛЕУМЕТТІК ЖЕЛІЛЕРДЕГІ ГРАФИКАЛЫҚ РЕСУРСТАРДЫ ӨНДЕУ МОДЕЛІ.....	82
А.Б. Касекеева, А.К. Адилова, А.А. Шекербек, А.С. Баегизова, К.О. Рахимов БАЛА ДАМУЫНА ӘСЕР ЕТЕТІН ҚАЗАҚ ЛИНГВИСТИКАСЫНЫҢ ӘЛЕУМЕТТІК-МӘДЕНИ ДӘСТҮРЛЕРІН ЗЕРТТЕУГЕ АРНАЛҒАН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕ ҚҰРУ».....	98
Д.М. Амрин, С.Б. Муханов, С.Ж. Жакыпбеков ТАРТЫЛҒАН ЖЕЛІЛЕРДЕГІ КЕЗЕКТІК ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕРІН ЖҮЙЕ АРҚАЛЫҚ ТАЛДАУ.....	113
А. Оспанов, П. Алонсо-Жорда, А. Жумадиллаева IOT ДАТЧИКТЕРІ МЕН МАШИНАЛЫҚ ОҚУ ӘДІСТЕРІН ПАЙДАЛАНУАРҚЫЛЫ ҚАЗЫРҒЫ ҚОЛДАНЫЛАТЫН ҚҰРМА ҚОЛДАУДЫҢ ОПТИМИЗАЦИЯСЫ: ЭМПИРИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	127
А.Т. Тұрсынова, Б.С. Омаров МИ ИНСУЛЬТІНІҢ КТ КЕСКІНІН КЛАССИФИКАЦИЯЛАУҒА АРНАЛҒАН КӨРУ ТРАНСФОРМАТОРЛАРЫ.....	144
А.Г. Шаушенова, М.Ж. Базарова, Ж.Ж. Ажибекова, С. Шадинова, К.С. Бакенова ӘРТҮРЛІ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІ АРҚЫЛЫ ҚҰЖАТТАРДЫ АВТОМАТТЫ ТАЛДАУ МОДЕЛІН ҚҰРУ.....	156

АҚПАРАТТЫҚ ҚАУПСІЗДІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН

А.З. Айтмағамбетов, С.Ж. Жұмағали, Е.К. Қонысбаев, М.М. Онгарбаева, И.В. Мелешкина Қ АУПСІЗ ЖӘНЕ ТИІМДІ ЛОГИСТИКА ҮШІН ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ НАВИГАЦИЯЛЫҚ ПЛОМБАНЫ ӨЗІРЛЕУ.....	170
---	-----

Б.А. Кумалаков, А.Б. Казиз ҒИМАРАТТАРДАҒЫ KUBERNETES АРҚЫЛЫ ОРКЕСТРЛЕНГЕН КӨПАГЕНТТІК ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ АҚАУҒА ТӨЗІМДІЛІК ПЕН СЕΝІМДІЛІК: УНИВЕРСИТЕТТІҢ КЕСТЕСІН ЖОСПАРЛАУ КЕЙСІ.....	185
Л. Рзаева, Д. Поголовкин, И. Шайя ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ МЕН ВЕКТОРЛЫҚ ДЕРЕКҚОРДЫ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП, ХАТ АЛМАСУЛАРДЫ ТАЛДАУ ҚЫЗМЕТІН ЦИФРЛЫҚ КРИМИНАЛИСТИКА ҮШІН КРИМИНАЛИСТИКА ҮШІН ӨЗІРЛЕУ.....	201
Е. Чуракова, О. Новиков, О. Барановский, Т.В. Бабенко, Н.Е. Асқарбекова ГЕНЕТИКАЛЫҚ БАҒДАРЛАМАЛУ ӘДІСІМЕН ШАБЫЛ ВЕКТОРЛАРЫН ҚАЙТА ҚҰРУ.....	226



СОДЕРЖАНИЕ

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВИТИИ СОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

М.М. Жалгасова, К.В. Колесникова АДАПТАЦИЯ МОДЕЛИ КОМПЕТЕНЦИЙ ИСВ К ОТРАСЛЕВЫМ ПОТРЕБНОСТЯМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ.....	8
Г.М. Мауина, А.А. Найзагараева, Э.Н. Тулегенова, Б.К. Жусипбек, М.У. Худойбергана АНАЛИЗ ЗНАЧИМОСТИ ФАКТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SHAR И PCA ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ АГРАРНЫМИ РЕСУРСАМИ.....	21
Б. Тасуов, А.Н. Аманбаева, С. Сактиото ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЦЕЛЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ГРАМОТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	40
Д.А. Шрымбай, Э.Т. Адылбекова, Х.И. Бюльбюль ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ.....	58

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А.А. Быков, А. Нурланулы, Н.А. Дауренбаева МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ В ЗЕМЛЯНОМ ПОЛОТНЕ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ.....	71
К.Б. Багитова, Ш.Ж. Мусиралиева, Л. Курмангазиева, Ж. Молдашева, И. Терейковский МОДЕЛЬ ОБРАБОТКИ ГРАФИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ.....	82
А.Б. Касекеева, А.К. Адилова, А.А. Шекербек, А.С. Баегизова, К.О. Рахимов ПОСТРОЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СОЦИОКУЛЬТУРНЫХ ТРАДИЦИЙ КАЗАХСКОЙ ЛИНГВИСТИКИ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАЗВИТИЕ РЕБЕНКА.....	98
Д.М. Амрин, С.Б. Муханов, С.Ж. Жакыпбеков МЕЖСИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЯХ.....	113
А. Оспанов, П. Алонсо-Жорда, А. Жумадиллаева ОПТИМИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА СКЛАДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАТЧИКОВ IOT И МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ: ЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ.....	127
А.Т. Турсынова, Б.С. Омаров ТРАНСФОРМАТОРЫ ЗРЕНИЯ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ КТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ ИНСУЛЬТА ГОЛОВНОГО МОЗГА.....	144
А.Г. Шаушенова, М.Ж. Базарова, Ж.Ж. Ажибекова, К.С. Шадинова, К.С. Бакенова СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДОКУМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	156

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А.З. Айтмагамбетов, С.Ж. Жумагали, Е.К. Коньсбаев, М.М. Онгарбаева, И.В. Мелешкина РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ ПЛОМБЫ ДЛЯ БЕЗОПАСНОЙ И ЭФФЕКТИВНОЙ ЛОГИСТИКИ.....	170
Б.А. Кумалаков, А.Б. Казиз ОТКАЗООУСТОЙЧИВОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ В МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМАХ, ОРКЕСТРИРУЕМЫХ KUBERNETES: КЕЙС РАСПИСАНИЯ УНИВЕРСИТЕТА.....	185
Л. Рзаева, Д. Поголовкин, И. Шайя РАЗРАБОТКА СЕРВИСА АНАЛИЗА ПЕРЕПИСОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ВЕКТОРНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ КРИМИНАЛ ИСТИКИ.....	201
Е. Чуракова, О. Новиков, О. Барановский, Т.В. Бабенко, Н.Е. Аскарбекова РЕКОНСТРУКЦИЯ ВЕКТОРОВ АТАК МЕТОДОМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ.....	226

CONTENT

DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

M.M. Zhalgassova, K.V. Kolesnikova ADAPTING THE ICB COMPETENCY MODEL TO INDUSTRY-SPECIFIC PROJECT MANAGEMENT NEEDS.....	8
G. Mauina, A. Naizagarayeva, E. Tulegenova, B. Zhussipbek, M.U. Khudoyberganov FACTOR IMPORTANCE ANALYSIS USING SHAP AND PCA FOR OPTIMIZING AGRICULTURAL RESOURCE MANAGEMENT.....	21
B. Tassuov, A.N. Amanbayeva, S.Saktiotti USING CLOUD TECHNOLOGY FOR THE FORMATION OF DIGITAL LITERACY OF STUDENTS.....	40
D. Shrymbay, E. Adylbekova, H.I. Bulbul PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF FUTURE TEACHERS PROFESSIONAL TRAINING.....	58

INFORMATION TECHNOLOGY

A.A. Bykov, A. Nurlanuly, N.A. Daurenbayeva	
METHOD OF FORECASTING GEOPHYSICAL EVENTS IN THE RAILWAY GROUND BED.....	71
K. Bagitova, Sh. Mussiraliyeva, L. Kurmangaziyeva, Zh. Moldasheva, I. Tereikovskiy THE MODEL FOR PROCESSING GRAPHIC RESOURCES OF SOCIAL NETWORKS.....	82
A.B. Kassekeyeva, A.K. Adilova, A.A. Shekerbek, A. Bayegizova, K.O. Rahimov CREATION OF AN INFORMATION SYSTEM FOR THE STUDY OF SOCIO-CULTURAL TRADITIONS OF KAZAKH LINGUISTICS THAT INFLUENCE CHILD DEVELOPMENT.....	98
S.B. Mukhanov, D.M. Amrin, S.Zh. Zhakybpekov CROSS-SYSTEM ANALYSIS OF QUEUEING SYSTEMS INTERACTIONS IN DISTRIBUTED NETWORKS OPTIMIZING	113
A. Ospanov, Alonso-Jord Pedro, A. Zhumadillayeva WAREHOUSE MONITORING WITH IOT SENSORS AND MACHINE LEARNING: AN EMPIRICAL STUDY.....	127
A.T. Tursynova, B.S. Omarov VISION TRANSFORMERS FOR CLASSIFICATION OF CT IMAGES OF BRAIN STROKE.....	144
A.G. Shaushenova, M.Zh. Bazarova, Zh.Zh. Azhibekova, K.S. Shadinova, K.S. Bakenova CREATION OF AUTOMATIC DOCUMENT ANALYSIS MODEL USING DIFFERENT MACHINE LEARNING ALGORITHMS.....	156

INFORMATION SECURITY AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

A.Z. Aitmagambetov, S.Zh. Zhumagali, Ye.K. Konysbayev, M.M. Ongarbayeva, I.V. Meleshkina DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT NAVIGATION SEAL FOR SAFE AND EFFICIENT LOGISTICS.....	170
B. Kumalakov, A. Kaziz FAULT TOLERANCE AND RELIABILITY IN KUBERNETES-ORCHESTRATED MULTI-AGENT SYSTEMS: UNIVERSITY SCHEDULING CASE STUDY.....	185
L. Rzayeva, D. Pogolovkin, I. Shayev DEVELOPMENT OF A CORRESPONDENCE ANALYSIS SERVICE USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY AND A VECTOR DATABASE FOR DIGITAL FORENSICS.....	201
Y. Churakova, O. Novikov, O. Baranovskiy, T.V. Babenko, N.Y. Askarbekova RECONSTRUCTING ATTACK VECTORS USING GENETIC PROGRAMMING.....	226



АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

INFORMATION TECHNOLOGY

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 6. Is. 1. Number 21 (2025). Pp. 71–81

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

<https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.21.1.005>

УДК 550.3, 004.832

METHOD OF FORECASTING GEOPHYSICAL EVENTS IN THE RAILWAY GROUND BED

A.A. Bykov^{1}, A. Nurlanuly², N.A. Daurenbayeva¹*

¹International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan;

²Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: a.bykov@iitu.edu.kz

Bykov A.A. — Candidate of Technical Sciences, International Information Technology University, associate professor, Department of Computer Engineering, Almaty, Kazakhstan

E-mail: a.bykov@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9563-5185>;

Nurlanuly A. — Master of Technical Sciences, senior lecturer, the Department of Aviation Engineering and Technology Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan

E-mail: a.nurlanuly@agakaz.kz, <https://orcid.org/0000-0002-0364-0455>;

Daurenbayeva N.A. — Master of Technical Sciences, senior lecturer, the Department of Computer Engineering International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: n.daurenbayeva@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0341-4017>.

© Bykov A.A., Nurlanuly A., Daurenbayeva N.A., 2025

Abstract. The relevance of this topic stems from the need to develop accurate algorithms for predicting geophysical events and monitoring the state of the railway subgrade. This will enable timely notification of potential hazards and the implementation of measures to minimize damage. During the operation of the railway track, the integrity of the earthen base can be compromised due to exogenous processes such as karst phenomena, suffusion, and other geodynamic processes that cause deformations and reduce the bearing capacity of the soil base. This paper examines the use of machine learning algorithms based on neural networks for accurately predicting seismic

events and detecting changes in the subgrade by analysing changes in the phase signal recorded during electrophysical measurements. Particular attention is paid to the analysis of phase shifts in geoelectric signals and their use for a detailed study of the soil structure and the identification of hidden defects. Models have been developed that allow for the assessment of the integrity of the earthen base by observing changes in the phase signal. The results obtained confirm the potential of using intelligent data processing and phase signal analysis methods in geophysical monitoring and forecasting, which contributes to improving the safety of railway infrastructure.

Key words: neural networks, machine learning, seismic monitoring, geodeformation processes, railway track, phase signals, electrophysical control methods, intelligent data processing

For citation: Bykov A.A., Nurlanuly A., Daurenbayeva N.A. METHOD OF FORECASTING GEOPHYSICAL EVENTS IN THE RAILWAY GROUND-BED//INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES. 2025. Vol. 6. No. 21. Pp. 71–81 (In Russ.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.21.1.005>.

ТЕМІР ЖОЛДЫҢ ЖЕР ТӨСЕМІНДЕГІ ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ОҚИҒАЛАРДЫ БОЛЖАУ ӘДІСТЕМЕСІ

А.А. Быков^{1}, А. Нұрланұлы², Н.А. Дауренбаева¹*

¹Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан;

²Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан.

E-mail: a.bykov@iitu.edu.kz

Быков Артем Александрович — Техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті (ХТИ), доцент, есептеуіш техника кафедрасы, Алматы, Қазақстан

E-mail: a.bykov@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9563-5185>;

Нұрланұлы Алмас — Техника ғылымдарының магистрі, PhD кандидаты, азаматтық авиация академиясының «Авиациялық техника және технологиялар» кафедрасының сениор-лекторы, Алматы, Қазақстан

E-mail: a.nurlanuly@aga.kaz.kz, <https://orcid.org/0000-0002-0364-0455>;

Дауренбаева Нуркамиля — Техника ғылымдарының магистрі, PhD кандидаты, «Компьютерлік инженерия» кафедрасының сениор-лекторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: n.daurenbayeva@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0341-4017>.

© Быков А.А., Нұрланұлы А., Дауренбаева Н.А., 2025

Аннотация. Тақырыптың өзектілігі геофизикалық оқиғаларды болжаудың және теміржолдың жер төсемінің жай-күйін бақылаудың нақты алгоритмдерін әзірлеу қажеттілігіне байланысты, бұл ықтимал қауіптер туралы уақтылы хабарлауға және зиянды азайту үшін шаралар қабылдауға мүмкіндік береді. Теміржолды пайдалану кезінде жер негізінің тұтастығы экзогендік процестерге байланысты бұзылуы мүмкін, мысалы, карст құбылыстары, суффозия және басқа геодинамикалық процестер, деформацияларды тудырады және топырақ негізінің жүк көтергіштігінің төмендеуі. Бұл жұмыс сейсмикалық



оқиғаларды дәл болжау және электрофизикалық өлшеулерде тіркелген фазалық сигналдың өзгеруін талдау арқылы жер төсеміндегі өзгерістерді анықтау үшін нейрондық желілерге негізделген Машиналық оқыту алгоритмдерін қолдануды зерттейді. Геоэлектрлік сигналдардың фазалық сдсуларын талдауға және оларды топырақ құрылымын егжей-тегжейлі зерттеу және жасырын ақауларды анықтау үшін пайдалануға ерекше назар аударылады. Фазалық сигналдың өзгеруі бойынша жер негізінің тұтастығының бұзылуын бағалауға мүмкіндік беретін модельдер жасалды. Алынған нәтижелер геофизикалық мониторинг пен болжауда деректерді интеллектуалды өңдеу және фазалық сигналдарды талдау әдістерін қолдану әлеуетін растайды, бұл теміржол инфрақұрылымының қауіпсіздігін арттыруға ықпал етеді.

Түйін сөздер: нейрондық желілер, Машиналық оқыту, сейсмикалық мониторинг, гедеформациялық процестер, Теміржол жолы, фазалық сигналдар, электрофизикалық бақылау әдістері, Деректерді интеллектуалды өңдеу

Дәйексөздер үшін: Быков А.А., Нұрланұлы А., Дауренбаева Н.А. ТЕМІР ЖОЛДЫҢ ЖЕР ТӨСЕМІНДЕГІ ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ОҚИҒАЛАРДЫ БОЛЖАУ ӘДІСТЕМЕСІ//ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ. 2025. Т. 6. No. 21. 71–81 бет. (орыс тілінде). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.21.1.005>.

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ В ЗЕМЛЯНОМ ПОЛОТНЕ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

А.А. Быков^{1}, А. Нурланұлы¹, Н.А. Дауренбаева²*

¹Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан;

²Академия гражданской авиации, Алматы, Казахстан.

E-mail: Bykov_a_a@list.ru

Быков Артем Александрович — кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры Компьютерная инженерия, Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

E-mail: a.bykov@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9563-5185>;

Нурланұлы Алмас — магистр технических наук, сениор-лектор кафедры «Авиационная техника и технологии», Академии гражданской авиации, Алматы, Казахстан

E-mail: a.nurlanuly@agakaz.kz, <https://orcid.org/0000-0002-0364-0455>;

Дауренбаева Н.А. — магистр технических наук, сениор-лектор кафедры «Компьютерная инженерия», Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

E-mail: n.daurenbayeva@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0341-4017>.

© Быков А.А., Нурланұлы А., Дауренбаева Н.А., 2025

Аннотация. Актуальность темы обусловлена необходимостью разработки точных алгоритмов прогнозирования геофизических событий и мониторинга состояния земляного полотна железной дороги, что позволит своевременно оповещать о возможных опасностях и принимать меры для минимизации ущерба. Во время эксплуатации железнодорожного пути целостность земляного основания может



нарушаться из-за экзогенных процессов, таких как карстовые явления, суффозия и другие геодинамические процессы, вызывающие деформации и снижение несущей способности грунтового основания. В данной работе исследуется применение алгоритмов машинного обучения, основанных на нейронных сетях, для точного прогнозирования сейсмических событий и обнаружения изменений в земляном полотне путем анализа изменений фазового сигнала, регистрируемого при электрофизических измерениях. Особое внимание уделено анализу фазовых сдвигов геоэлектрических сигналов и их использованию для детального изучения структуры грунта и выявления скрытых дефектов. Разработаны модели, позволяющие по изменениям фазового сигнала судить о нарушении целостности земляного основания. Полученные результаты подтверждают потенциал применения методов интеллектуальной обработки данных и анализа фазовых сигналов в геофизическом мониторинге и прогнозировании, что способствует повышению безопасности железнодорожной инфраструктуры.

Ключевые слова: нейронные сети, машинное обучение, сейсмический мониторинг, геодеформационные процессы, железнодорожный путь, фазовые сигналы, электрофизические методы контроля, интеллектуальная обработка данных

Для цитирования: Быков А.А., Нурланулы А., Дауренбаева Н.А. МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ В ЗЕМЛЯНОМ ПОЛОТНЕ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ//МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. 2025. Т. 6. No. 21. Стр. 71–81. (На русс.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.21.1.005>.

Введение

Безопасность и надежность железнодорожной инфраструктуры во многом зависят от состояния земляного полотна, которое служит основанием для рельсового пути. Во время эксплуатации железнодорожного пути целостность земляного основания может нарушаться из-за различных экзогенных процессов, включая: карстовые явления (растворение горных пород под воздействием подземных вод приводит к образованию пустот и каверн, что вызывает просадки и обрушения (Ашпиз, 2002: 112); суффозия (вынос мелких частиц грунта подземными водами, приводящий к разуплотнению и снижению прочности грунтов); оползни и обвалы (смещение масс грунта под действием силы тяжести, особенно актуально в районах с крутыми склонами); сейсмическая активность (землетрясения и вибрации от техногенных источников могут вызывать дополнительные напряжения в грунте).

Эти процессы могут привести к деформациям земляного полотна, снижению его несущей способности и, как следствие, к авариям и сходу подвижного состава. Традиционные методы контроля, такие как визуальные осмотры и геодезические измерения, не всегда позволяют своевременно обнаружить начальные стадии разрушений, особенно если изменения происходят под поверхностью и не имеют явных внешних проявлений (Монахов, 2005: 46–49). Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки точных методов мониторинга и прогнозирования изменений в земляном полотне. Электрофизические методы контроля предоставляют возможность непрерывного и неразрушающего мониторинга состояния грунтового



основания. Они основаны на измерении электрических и сейсмических свойств грунта, которые чувствительны к его физическому состоянию и изменениям в нем (Kuzichkin и др., 2018: 877–884). Цель данной работы — разработать алгоритмы на основе нейронных сетей для прогнозирования геофизических событий и обнаружения изменений в земляном полотне железной дороги посредством анализа изменений фазовых сигналов, регистрируемых при электрофизических измерениях.

Материалы и методы

Частая причина нарушения целостности земляного основания железной дороги это изменение гидрогеологических условий вследствие повышения уровня грунтовых вод, подтоплений, обильных осадков. Также на земляное основание оказывают существенное влияние возрастающие динамические нагрузки вследствие увеличения интенсивности движения и массы подвижного состава. Возведение объектов вблизи железной дороги Увеличение интенсивности строительства рядом с железной дорогой и проведение подземных работ, также оказывает влияние на структуру грунта и, соответственно, на надежность эксплуатации железнодорожного пути. Эти факторы приводят к изменению физических свойств грунта: его плотности, влажности, пористости, что отражается на его электрических и сейсмических параметрах.

По сравнению с другими методами контроля, электрофизические методы контроля обладают рядом преимуществ. Не требуется бурение скважин или отбор проб, что сохраняет целостность объекта контроля. Имеется возможность проведения исследований или в реальном времени, или автоматически с заданной периодичностью. Электрофизические методы контроля обладают высокой чувствительностью к малым изменениям физического состояния грунтового основания (Апуоу Хіе и др., 2024). Также имеется возможность получения информации о состоянии грунта на различных глубинах.

Одним из перспективных методов геодинамического контроля является фазометрический метод, позволяющий оценивать изменения в грунтовом основании путем мониторинга изменения фазы зондирующего сигнала. Изменения фазовых характеристик искусственно возбуждаемого многофазного электрического поля позволяют выявить и оценить слабовыраженные детали и изменения в слоистой структуре грунта, что особенно важно при мониторинге состояния земляного полотна железной дороги.

Использование электрофизических методов особенно эффективно в случаях, когда необходимо контролировать большие протяженные объекты, такие как железнодорожные пути, и своевременно обнаруживать скрытые дефекты (Vasilyev и др., 2018: 43–50).

Организация периодических измерений

Для эффективного мониторинга состояния земляного полотна на наиболее критических участках железнодорожного пути необходимо организовать систему контроля, способную с заданной периодичностью

проводить зондирование грунта. Критические участки определяются на основе геологических данных, истории деформаций и эксплуатационных характеристик пути. Таким образом, получаем возможность обнаружения изменений в физических свойствах грунта, связанных с возникновением неоднородностей, мониторинга динамики развития геодеформационных явлений во времени, оценки рисков нарушения целостности грунтового основания.

Электрический мониторинг может проводиться на различных глубинах с использованием схемы четырёхточечного зондирования путем изменения частоты зондирующего сигнала (Vasilyev и др., 2018: 43–50). Электроды устанавливаются вдоль железнодорожного пути на контролируемом участке с заданным шагом. Интервал измерений определяется на основе скорости протекания геодинамических процессов и требований безопасности и может составлять от нескольких дней до нескольких недель.

Для организации сбора и хранения данных зондирования возможно использовать системы дистанционного сбора данных для повышения оперативности, с последующим сохранением результатов измерений для последующего анализа и сравнения (Kuzichkin и др., 2018: 629–636).

Анализ результатов измерений во времени производится путем последовательного выполнения нескольких этапов. Сначала осуществляется запись зондирующих сигналов — как входных, так и выходных. Фрагменты этих сигналов представлены на рисунке 1. Далее вычисляется разность фаз между входным и выходным сигналами, что позволяет получить информацию об изменении электрических свойств грунта. Такие изменения могут быть вызваны появлением пустот, изменением влажности, уплотнением или разуплотнением слоев грунта, а также другими геофизическими процессами. Анализ динамики фазовых сдвигов позволяет определить не только факт изменений, но и их характер и возможные причины.

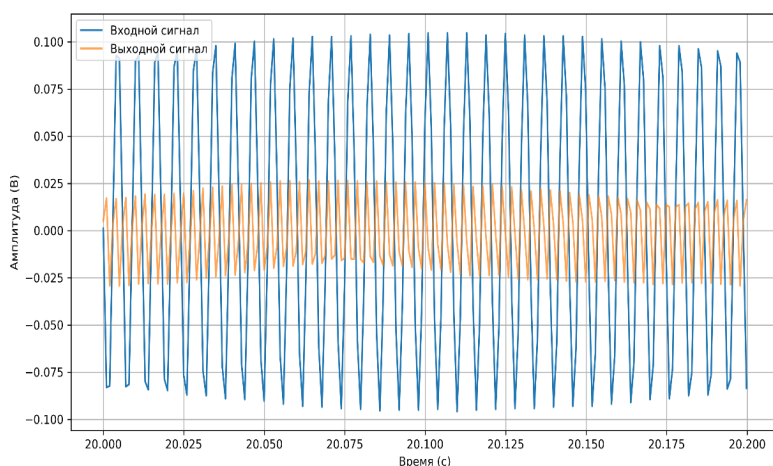
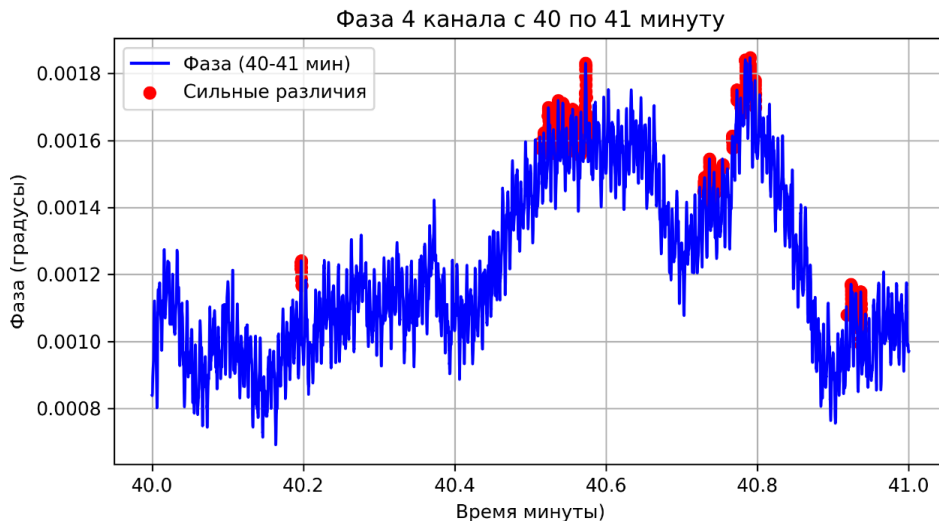


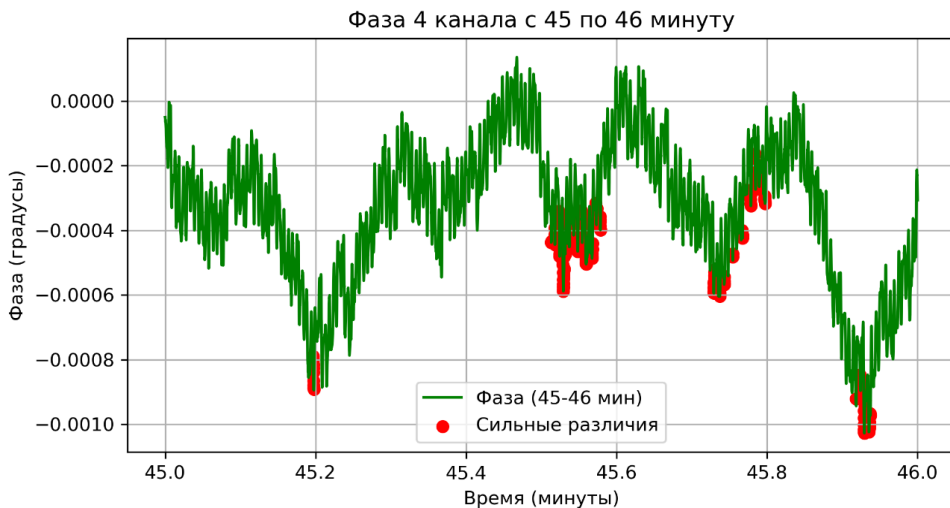
Рисунок 1 - Фрагменты входного и выходного зондирующих сигналов



На рисунках 2 и 3 показаны процессы изменения фазы зондирующих электрических сигналов во времени. Рисунок 2 иллюстрирует изменение фазы сигнала в интервале времени с 40 по 41 минуту, а рисунок 3 — в интервале с 45 по 46 минуту. Сравнение этих временных рядов позволяет выявить изменения в фазовых характеристиках сигналов, происходящие в разные моменты времени.



а) сигнал изменения фазы сигнала с 40 по 41 минуту



а) сигнал изменения фазы сигнала с 45 по 46 минуту

Рисунок 2 - Фрагменты записи изменения фазы зондирующего сигнала

Изменения фазы сигнала с 40 по 41 минуту (рисунок 2) и с 45 по 46 минуту (рисунок 3) свидетельствуют о динамике электрических свойств грунта, что может указывать на развитие геофизических процессов.

В процессе выявления аномальных зон проводится сравнение текущих значений фазовых сдвигов с ранее зафиксированными данными и установленными допустимыми пределами. Участки, где изменения фазовых параметров превышают эти пределы, помечаются как потенциально опасные. После идентификации таких зон производится оценка величины изменений и анализ динамики нарушений целостности грунтового основания.

Таким образом, методика позволяет не только обнаруживать изменения в электрических свойствах грунта, но и прогнозировать возможное развитие неблагоприятных геофизических событий. Это обеспечивает возможность своевременного принятия мер по предотвращению аварийных ситуаций и повышению безопасности эксплуатации железнодорожной инфраструктуры.

Результаты и обсуждение

Процесс анализа данных

Для эффективного анализа сложных и неоднородных данных фазовых сдвигов, содержащих скрытые закономерности и нелинейные зависимости, необходимо использовать методы машинного обучения. Применение нейронных сетей позволяет автоматизировать процесс обнаружения аномалий и повысить точность прогнозирования изменений в грунтовом основании (Hamed и др., 2017; Станкевич, 2018: 17–27).

Предварительная обработка данных включает в себя: применение фильтрации и методов обработки сигналов для устранения случайных помех и интерференций, приведение данных полученных фазовых изменений к единому масштабу для обеспечения сопоставимости результатов, использование вейвлет-преобразования для детектирования значимых частотных признаков.

Изменения фазовых характеристик могут быть описаны следующим образом:

$$\Delta\varphi(x,t) = \varphi(x,t) - \varphi(x,t_0),$$

где $\varphi(x,t)$ — фазовый сдвиг в точке x в момент времени t ,

$\varphi(x,t_0)$ — фазовый сдвиг в начальный момент t_0 .

Сверточные слои выделяют локальные пространственные признаки фазовых изменений:

- Первый сверточный слой: количество фильтров – 32, размер ядра свертки: (3,3), шаг свертки (stride): (1,1), паддинг (padding): «same» для сохранения размерности, функция активации: ReLU.

- Второй сверточный слой: количество фильтров: 64, размер ядра свертки: (3,3), шаг свертки: (1,1), паддинг: «same», функция активации: ReLU.

- Слой подвыборки (Pooling): тип: MaxPooling2D, размер окна подвыборки: (2,2).

После сверточных слоев выходные данные преобразуются для подачи



в рекуррентный слой LSTM. Рекуррентные слои учитывают временную динамику изменений фазовых сигналов, моделируя зависимость текущего состояния от предыдущих.

Рекуррентные слои (LSTM):

- LSTM слой: количество нейронов – 100, функция активации - тангенс гиперболический для состояния ячейки, сигмоидная функция для ворот.

- для регуляризации и претотвращения переобучения используется Dropout слой с коэффициентом - 0.2.

- Выходной полносвязный слой: количество нейронов: 1 (для бинарной классификации), функция активации - сигмоидная функция (, которая преобразует выход в вероятность принадлежности к классу 'аномалия'.

Функция потерь – бинарная кросс-энтропия:

где N – количество образцов в мини-батче, y_i - истинная метка класса (0 для «норма», 1 для «аномалия»), - предсказанная моделью вероятность класса «аномалия».

Использовался оптимизатор Adam с параметрами: скорость обучения α - 0.001, параметры $\beta_1=0.9$, $\beta_2=0.999$.

Данная архитектура нейронной сети, объединяющая сверточные и рекуррентные слои, позволяет эффективно анализировать фазовые сигналы для обнаружения аномалий в состоянии грунта. Сверточные слои обрабатывают входные данные, выделяя локальные пространственные признаки фазовых изменений, такие как аномалии в определённых точках или участках грунта. Это важно для детектирования неоднородностей и структурных изменений в грунте. Рекуррентный LSTM слой анализирует последовательность выделенных признаков во времени, моделируя зависимость текущего состояния от предыдущих наблюдений. Тем самым мы обнаруживаем изменения, которые не происходят мгновенно, а развиваются со временем. Выходной полносвязный слой принимает во внимание информацию от LSTM слоя и выдаёт вероятность того, что текущее состояние грунта является аномальным, что упрощает интерпретацию результатов и принятие решений по мониторингу.

Данная архитектура нейронной сети, объединяющая сверточные и рекуррентные слои, позволяет эффективно анализировать фазовые сигналы для обнаружения аномалий в состоянии грунта. Конкретные параметры сети, такие как количество слоев, нейронов и гиперпараметры обучения, были выбраны на основе предварительных экспериментов и могут быть дополнительно оптимизированы для конкретной задачи или набора данных.

Таким образом, описанный процесс анализа данных и обучения нейронной сети обеспечивает эффективное выявление и прогнозирование изменений в состоянии грунтового основания железной дороги. Использование комбинированной архитектуры нейронной сети, учитывающей как пространственные, так и временные аспекты данных, позволяет повысить точность и надёжность мониторинга, что является критически важным для

обеспечения безопасности железнодорожной инфраструктуры.

Заключение

Проведённый анализ фазовых сдвигов продемонстрировал значительные преимущества в мониторинге состояния земляного полотна железной дороги. Применение этого метода позволяет обнаруживать скрытые неоднородности в структуре грунта, которые не выявляются традиционными способами контроля. Высокая чувствительность фазовых измерений к изменениям электрических параметров грунта обеспечивает возможность раннего детектирования таких изменений, как появление пустот или изменение влажности, что является ключевым фактором для предотвращения аварийных ситуаций.

Применение методов машинного обучения, особенно нейронных сетей, существенно повышает эффективность анализа данных. Сверточные нейронные сети автоматически выделяют локальные пространственные признаки фазовых изменений, а рекуррентные слои LSTM анализируют их временную динамику, моделируя зависимость текущего состояния от предыдущих наблюдений. Это позволяет обрабатывать большие объёмы данных, выявлять скрытые закономерности и адаптироваться к различным условиям эксплуатации и типам грунтов. Таким образом, разработанная методика повышает точность обнаружения потенциально опасных изменений в грунтовом основании и способствует своевременному принятию мер по предотвращению аварийных ситуаций, что существенно усиливает безопасность и надёжность железнодорожной инфраструктуры.

ЛИТЕРАТУРА

- Ашпиз Е.С. (2002). Мониторинг земляного полотна при эксплуатации железных дорог. — М.: Путь-пресс.—2002. — 112 с.
- Anyou Xie, Zhou, Q., Fu, L. et al. (2024). From Lab to Field: Advancements and Applications of On-The-Go Soil Sensors for Real-Time Monitoring. *Eurasian Soil Sc.* — 2024. <https://doi.org/10.1134/S1064229324601124>
- Fortunato E., Paixão A. (2023). Testing and Monitoring in Railway Tracks. In: Chastre C., Neves J., Ribeiro D., Neves M.G., Faria P. (eds) *Advances on Testing and Experimentation in Civil Engineering*. Springer Tracts in Civil Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05875-2_10
- Hamed H.A., Elnaz J.H. (2017). *Guide to Convolutional Neural Networks: A Practical Application to Traffic-Sign Detection and Classification*. Springer International Publishing. — 2017.
- Kuzichkin O., Grecheneva A., Bykov A., Dorofeev N., Surzhik D. (2018). Methods and algorithms of joint processing of geoelectric and seismoacoustic signals in real time. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management*. — SGEM. — 2018. — 18(1.1). — Pp. 877–884.
- Kuzichkin O., Grecheneva A., Bykov A., Dorofeev N., Romanov R. (2018). Selection and justification of the location of the network of points of stationary observations in the local zones of karstological monitoring. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management*. — SGEM. — 2018. — 18(1.2). — Pp 629–636.
- Монахов В.В. и др. (2005). Опыт применения геофизических исследований на деформирующихся участках земляного полотна железных дорог. *Разведка и охрана недр*. — 2005. — №12. — С. 46–49.
- Vasilyev G.S., Kuzichkin O.R., Grecheneva A.V., Dorofeev N.V., Surzhik D.I. (2018). Analysis of the combined transfer functions for geotechnical control. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management*. — SGEM. — 2018. — 18(1.2). — Pp. 43–50.
- Станкевич Т.С. (2018). Применение сверточных нейронных сетей для решения задачи оперативного прогнозирования динамики распространения лесных пожаров. *Бизнес-информатика*. — 2018. — №4(46). — С. 17–27.



REFERENCES

- Ashpiz E.S. (2002). Monitoring zemlyanogo polotna pri ekspluatatsii zheleznykh dorog [Monitoring of roadbeds during railway operation], Put'-press. — Moscow, Russia. — 2002. — 112 p.
- Anyou Xie, Zhou Q., Fu L. et al. (2024). From Lab to Field: Advancements and Applications of On-The-Go Soil Sensors for Real-Time Monitoring. *Eurasian Soil Sc.* — 2024. <https://doi.org/10.1134/S1064229324601124>
- Fortunato E., Paixão A. (2023). Testing and Monitoring in Railway Tracks. In: Chastre C., Neves J., Ribeiro D., Neves, M.G., Faria P. (eds) *Advances on Testing and Experimentation in Civil Engineering*. Springer Tracts in Civil Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05875-2_10
- Hamed H.A., Elnaz J.H. (2017). *Guide to Convolutional Neural Networks: A Practical Application to Traffic-Sign Detection and Classification*. Springer International Publishing. — 2017.
- Kuzichkin O., Grecheneva A., Bykov A., Dorofeev N., Surzhik D. (2018). Methods and algorithms of joint processing of geoelectric and seismoacoustic signals in real time. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management.* — SGEM. — 2018. — 18(1.1). — Pp. 877–884.
- Kuzichkin O., Grecheneva A., Bykov A., Dorofeev N., Romanov R. (2018). Selection and justification of the location of the network of points of stationary observations in the local zones of karstological monitoring. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management.* — SGEM. — 2018. — 18(1.2). — Pp 629–636.
- Monahov V.V. (2005). Opyt primeneniya geofizicheskikh issledovaniy na deformiruyushchikhsya uchastkakh zemlyanogo polotna zheleznykh dorog [Experience of using geophysical surveys on deformable sections of rail-way roadbeds], *Razvedka i okhrana nedr.* — 2005. — №12. — Pp. 46–49.
- Vasilyev G.S., Kuzichkin O.R., Grecheneva A.V., Dorofeev N.V., Surzhik D.I. (2018). Analysis of the combined transfer functions for geotechnical control. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management.* — SGEM. — 2018. — 18(1.2). — Pp. 43–50.
- Stankevich T.S. (2018). Primeneniye svetochnykh neyronnykh setey dlya resheniya zadachi operativnogo prognozirovaniya dinamiki rasprostraneniya lesnykh pozharov [Application of convolutional neural networks to solve the problem of operational forecasting of forest fire spread dynamics], *Biznes-informatika.* — 2018. — №4(46). — Pp. 17–27.

**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

Правила оформления статьи для публикации в журнале на сайте:

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

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

Мрзабаева Раушан Жалиқызы

КОМПЬЮТЕРНАЯ ВЕРСТКА

Асанова Жадыра

Подписано в печать 15.03.2025.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать - ризограф. 9,0 п.л. Тираж 100
050040 г. Алматы, ул. Манаса 34/1, каб. 709, тел: +7 (727) 244-51-09).

Издание Международного университета информационных технологий
Издательский центр КБТУ, Алматы, ул. Толе би, 59