

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 Абдишимович — есептеу теориясы саласында математика бойынша PhD доктор, "Компьютерлік ғылымдар және информатика" бағыты бойынша қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің Басқарма Төрағасы – Ректор (Қазақстан)

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

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

ҒАЛЫМ ХАТШЫ:

Ипалакова Мадина Түлегеновна — 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)
Лучино 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 Мұхтарбай Өтелбайұлы — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, КР 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)

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

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

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

Дамелия Максұтовна Ескендірова — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

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

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

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

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

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

Алимереб 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 Валдас — PhD, Адам Мицкевич атындағы (Польша) университеттің проректоры

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

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

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

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)

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

Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық даму министрлігіне мерзімді баспасөз басылымын есепке қою туралы куәлік № KZ82VPY00020475, 20.02.2020 ж. берілген

Тақырып бағыты: ақпараттық технологиялар, ақпараттық қауіпсіздік және коммуникациялық технологиялар, әлеуметтік-экономикалық жүйелерді дамытудағы цифрлық технология.

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тираж: 100 дана.

Редакция мекенжайы: 050040 Алматы қ., Манас к., 34/1, каб. 709, 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

Журнал сайты: <https://journal.iitu.edu.kz> © 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 Международного университета 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 Отелбайұлы — доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, профессор кафедры математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

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

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

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

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

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

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

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

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

Дамеля Максумовна Ескендирова — 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)

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)

Талеуш 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)

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)

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 социально-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

Assylbek Issakhov — PhD in Mathematics in Computability Theory, associate professor in “Computer Science and Informatics,” Chairman of the Board – Rector of the International Information Technology University (Kazakhstan)

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

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

ACADEMIC SECRETARY

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)

Nurzhhan Duzbayev — PhD, associate professor, Vice-Rector for Digitalization and Innovation, International Information Technology University (Kazakhstan)

Bakhtgerai 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 Yeskendiroya — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

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

Altai Aitmagambetov — Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, International Information Technology University (Kazakhstan)

Yelena Bakhtiyarova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, International Information Technology University (Kazakhstan)

Kanibek Sansyzbay — PhD, research professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Sakhybay Tynymbayev — Candidate of Technical Sciences, Professor, Research Professor, Department of Computer Engineering, International Information Technology University (Kazakhstan)

Ali Abd Almisreb — PhD, associate professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Mohamed Ahmed Hamada — PhD, associate professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Yang Im Chu — PhD, Professor, Gachon University (South Korea)

Tadeusz Wallas — PhD, Vice-Rector, Adam Mickiewicz University (Poland)

Orken Mamyrbayev — PhD, Deputy Director for Science, RSE Institute of Information and Computational Technologies, Committee for Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Kazakhstan)

Sergey Bushuyev — Doctor of Technical Sciences, professor, Director of the Ukrainian Project Management Association “UKRNET,” Head of the Department of Project Management, Kyiv National University of Construction and Architecture (Ukraine)

Svetlana Beloshitskaya — Doctor of Technical Sciences, professor, Department of Computing and Data Science, Astana IT University (Kazakhstan)

EDITOR

Raushan Mrzabayeva — Master of Science, editor, 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. KZ8ZVPY00020475, 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: ijict@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. Жалгасова, К.В. Колесникова

ІСВ КҰЗЫРЕТТІЛІК МОДЕЛІН ЖОБАЛАРДЫ БАСҚАРУДЫҢ САЛАЛЫҚ ҚАЖЕТТІЛІКТЕРІНЕ
БЕЙІМДЕУ.....8

Г. Мауина, А. Найзағараева, Э. Тулегенова, Б. Жүсіпбек, М.У. Худойберганов

АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ҮШІН SNAR ЖӘНЕ РСА
ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ФАКТОРЛАРДЫҢ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫН ТАЛДАУ.....21

Б. Тасуов, А.Н. Аманбаева, С. Сактиото

БІЛІМ АЛУШЫЛАРДЫҢ ЦИФРЛЫҚ САУАТТЫЛЫҒЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ
МАҚСАТЫНДА БҮЛТТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ.....40

Д.А. Шрымбай, Э.Т. Адылбекова, Х.И. Бұлбұл

БОЛАШАҚ МҰҒАЛІМДЕРДІҢ КӘСІБИ ДАЙЫНДЫҒЫН ДАМУ ТМӘСЕЛЕЛЕРІ.....58

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

А.А. Быков, А. Нұрланұлы, Н.А. Дауренбаева

ТЕМІР ЖОЛДЫҢ ЖЕР ТӨСЕМІНДЕГІ ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ОҚИҒАЛАРДЫ БОЛЖАУ
ӘДІСТЕМЕСІ.....71

К.Б. Багитова, Ш.Ж. Мусиралиева, Л. Курмангазиева, Ж. Молдашева, И.Терейковский
ӘЛЕУМЕТТІК ЖЕЛІЛЕРДЕГІ ГРАФИКАЛЫҚ РЕСУРСТАРДЫ ӨНДЕУ МОДЕЛІ.....82

А.Б. Касекева, 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

С.Б. Муханов, Д.М. Амрин, С.Ж. Жакыпбеков

ТАРТЫЛҒАН ЖЕЛІЛЕРДЕГІ КЕЗЕКТІК ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕРІН ЖҮЙЕ АРҚАЛЫҚ
ТАЛДАУ.....113

А. Оспанов, П. Алонсо-Жорда, А. Жумадилаева

ІОТ ДАТЧИКТЕРІ МЕН МАШИНАЛЫҚ ОҚУ ӘДІСТЕРІН ПАЙДАЛАНУАРҚЫЛЫ
ҚАЗЫРҒЫ ҚОЛДАНЫЛАТЫН ҚҰРМА ҚОЛДАУДЫҢ ОПТИМИЗАЦИЯСЫ: ЭМПИРИКАЛЫҚ
ЗЕРТТЕУ.....127

А.Т. Турсынова, 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 ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН

А.З. Айтмагамбетов, С.Ж. Жұмағали, Е.К. Коньсыбаев, М.М. Онгарбаева, И.В. Мелешкина

ҚАУІПСІЗ ЖӘНЕ ТИІМДІ ЛОГИСТИКА ҮШІН ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ НАВИГАЦИЯЛЫҚ ПЛОМБАНЫ
ӘЗІРЛЕУ.....170

Б.А. Кумалаков, А.Б. Казиз

ҒИМАРАТТАРДАҒЫ KUBERNETES АРҚЫЛЫ ОРКЕСТРЛЕНГЕН КӨПАГЕНТТІК
ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ АҚАУҒА ТӨЗІМДІЛІК ПЕН СЕНІМДІЛІК: 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
ӘЗІРЛЕУ.....201

Е. Чуракова, О. Новиков, О. Барановский, Т.В. Бабенко, Н.Е. Аскарбекова

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. Худойберганов
АНАЛИЗ ЗНАЧИМОСТИ ФАКТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SHAP И PCA ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ АГРАРНЫМИ РЕСУРСАМИ.....21

Б. Тасуов, А.Н. Аманбаева, С. Сактино

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

С.Б. Муханов, Д.М. Амрин, С.Ж. Жакыпбеков

МЕЖСИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЯХ.....113

А. Оспанов, П. Алонсо-Жорда, А. Жумадилаева

ОПТИМИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА СКЛАДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАТЧИКОВ ИОТ 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. Конысбаев, М.М. Онгарбаева, И.В. Мелешкина

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ ПЛОМБЫ ДЛЯ БЕЗОПАСНОЙ И ЭФФЕКТИВНОЙ ЛОГИСТИКИ.....170

Б.А. Кумалаков, А.Б. Казиз

ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТЬ 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 КРИМИНАЛИСТИКИ.....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.Saktioto
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. Kurmangazyeva, 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 OPTIMIZING113

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. Shayea
DEVELOPMENT OF A CORRESPONDENCE ANALYSIS SERVICE USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE
TECHNOLOGY AND A VECTOR DATABASE FOR DIGITAL FORENSICS.....201

Y. Churakova, O. Novikov, O. Baranovskyi, 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 University of Information Technology (IITU), 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, Civil Aviation Academy, Senior Lecturer of the Department of Aviation Engineering and Technology, Almaty, Kazakhstan

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

Daurenbayeva N.A. — Master of Technical Sciences, International University of Information Technology (IITU), Senior Lecturer of Department of Computer Engineering, 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 А. — Техника ғылымдарының кандидаты, «Компьютерлік инженерия» кафедрасының доценті, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті (ХАТУ), Алматы

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

Нұрланұлы А. — Техника ғылымдарының магистрі, PhD кандидаты, «Авиациялық техника және технологиялар» кафедрасының сениор-лекторы, Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан

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

Дауренбаева Нү. — Техника ғылымдарының магистрі, PhD кандидаты, «Компьютерлік инженерия» кафедрасының сениор-лекторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті (ХАТУ), 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 сдйсуларын 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, геодеформациялық 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. №. 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*

Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан;

²Академия гражданской авиации, Алматы, Казахстан.

E-mail: Bykov_a_a@list.ru

Быков А. — кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Компьютерная Инженерия», Международный университет информационных технологий (МУИТ), Алматы, Казахстан
E-mail: a.bykov@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9563-5185>;

Нурланұлы А. — магистр технических наук, кандидат PhD, сениор-лектор кафедры «Авиационная техника и технологии», Академии гражданской авиации (АГА), Алматы, Казахстан
E-mail: a.nurlanuly@agkaz.kz, <https://orcid.org/0000-0002-0364-0455>;

Дауренбаева Н.А. — магистр технических наук, кандидат PhD, сениор-лектор кафедры «Компьютерная инженерия», Международный университет информационных технологий (МУИТ), 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, гедеформационные 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 (Anyou Xie 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.

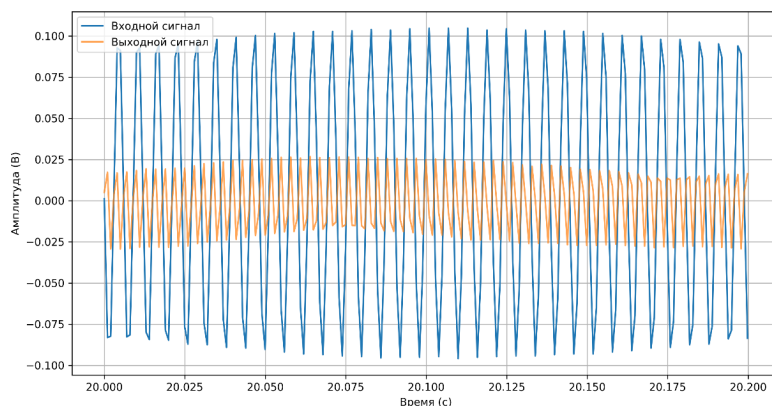
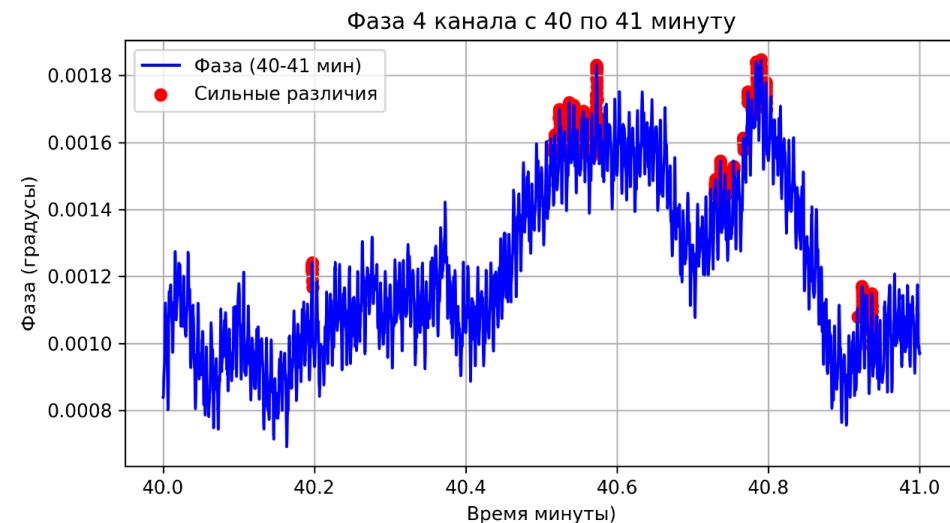


Рис. 1. Фрагменты входного и выходного зондирующих сигналов



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 (Nared 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 Traf-fic-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 Geo-Conference 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 svertochnykh 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

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР

Ермакова Вера Александровна

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР

Рашидинов Дамир Рашидинович

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).