

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 (22) 2

сәуір - маусым

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Дамеля 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. 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: ijict@iitu.edu.kz

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

© International Information Technology University JSC, 2025

© Group of authors, 2025

МАЗМҰНЫ

М.Ж. Айтимов, К.К. Макулов, А.Б. Остаева, Г.Ш. Мусагулова, Я. Култан АЙМАҚТЫҚ ДАМУҒА ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ФАКТОРЛАРДЫҢ ӨСЕРІН ЗЕРТТЕУ ҮШІН ГИБРИДТІ МОДЕЛЬДІ ҚОЛДАНУ	8
А.С. Баегизова, Г.Е. Мырзабекова, А.З. Алимагамбетова, Г.И. Мухамедрахимова, М. Кассим ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ КЛАСТЕРЛЕУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ҚЫСҚА МӘТІНДЕРДІ ТАЛ ДАУ	23
Г.У. Бектемісова, А.А. Быков, Б.А. Нурашихин, А.А. Кереш, М.О. Даулетбек КОМПЬЮТЕРЛІК КӨРУ ЖӘНЕ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ НЕГІЗІНДЕ ҚҰРЫЛЫС ПРОЦЕСТЕРІН БАҚЫЛАУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЖҮЙЕСІН ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ СЫНАУ	37
Д. Еділхан, Н. Хаймульдин, Д. Оспанова, Б. Амиргалиев БАРЛЫҚ КӨШЕЛЕРДІ ҚОЗҒАЛЫС ШЕКТЕУЛЕРІМЕН ҚАМТУҒА АРНАЛҒАН ОҢТАЙЛЫ МАРШРУТТЫ ТАБУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ МОДЕЛІ	57
А. Игнатович, А.С. Есенгельдина, Л.Т. Курмангазиева, С.Р. Шармұханбет, М.У. Худойберганов МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ КӨМЕГІМЕН ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ СОТ ШЕШІМДЕРІН БОЛЖАУҒА АРНАЛҒАН ДЕРЕКТЕРДІ ҚҰРУ	75
А.Х. Касымова, Г.Б. Абдикеримова, А.К. Асабай, А.Б. Серикбаева, С.М. Ахмедова БЕЙНЕ АҒЫНДАРЫНДА ҚОЗҒАЛАТЫН ОБЪЕКТІЛЕРДІ АНЫҚТАУ ҮШІН НАҚТЫ УАҚЫТТАҒЫ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ	91
С.К. Кумаргажанова, Д. Нұрлыбекова, А.С. Тлебалдинова, М.А. Карменова, С.А. Смаилова ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ ҚАР КӨШКІНІ АЙМАҚТАРЫН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ	115
С.Б. Муханов, К. Бекболат, Н.А. Сейлова, Ж.М. Бекаулова, С.Ж. Жакыпбеков САУДА ЖҮПТАРЫНДАҒЫ КРИПТОВАЛЮТА БАҒАСЫНЫҢ ҚҰБЫЛМАЛЫЛЫҒЫН БОЛЖАУҒА АРНАЛҒАН НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІ МОДЕЛЬДЕРІН САЛЫСТЫРУ	130
Н.А. Оданова, К.Б. Багитова, Э.Э. Эльдарова, Ж.Т. Қабылхамит, Л.Терейковская АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК САЛАСЫНДА ПЕРНЕТАҚТАДА ТЕРУ ҮЛГІСІН ТАЛДАУҒА АРНАЛҒАН НЕЙРОЖЕЛІЛІК МОДЕЛЬДЕРДІ ҚОЛДАНУ	142
А.С. Сраж, М. Нұртас, А.А. Алтайбек, З.Т. Абдикаликова НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІЛЕР МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕУ ҚҰРАЛЫ РЕТІНДЕ	154
А.М. Темірхан, Г.Н. Пашенко БАНКТЫҚ АЛАЯҚТЫҚТЫ АНЫҚТАУДАҒЫ ГРАФТЫҚ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІЛЕР: ӘДІСТЕРДІ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ	174
Е.Б. Тулебаев, А.А. Муханова, Н. Горанин МУНИЦИПАЛДЫҚ АКТИВТЕРДІҢ ТӘУЕКЕЛДЕРІН БОЛЖАУ: МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ЖАС, ТОЗУ ЖӘНЕ ПАЙДАЛАНУ ҚАРҚЫНДЫЛЫҒЫ НЕГІЗІНДЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ШЕШІМДЕРІН МОДЕЛЬДЕУ	186
С. Тынымбаев, Ж.Е. Темирбекова, Р.Ш. Бердибаев, С.Е. Маманова ТӨРТ РАЗРЯДТЫ ЕКІЛІК ПАРАЛЛЕЛЬ ТАСЫМАЛДАҒЫШЫ БАР ҚОСЫНДЫЛАРДЫ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ	200
Б.М. Укибасов, С.Б. Рахметулаева, Ж.О. Жанабеков, Ансар-уль-Хак Ясар ЭХОКАРДИОГРАММАЛАРДАҒЫ АҚАУЛАРДЫ ДИАГНОСТИКАЛАУ ҮШІН БЕТТІ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ ТАНУ ҮЛГІЛЕРІН БЕЙІМДЕУ	214
Д.И. Усипбекова, М.Б. Есенова, Н. Ұзаққызы, Р. Муратхан, П. Шмидт МАММОГРАФИЯЛЫҚ СУРЕТТЕРДЕ СҮТ БЕЗІ ҚАТЕРЛІ ІСІГІН ДӨЛ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН БЕЛГІЛЕР ВЕКТОРЫН ҚҰРУ	235

СОДЕРЖАНИЕ

М.Ж. Айтимов, К.К. Макулов, А.Б. Остаева, Г.Ш. Мусагулова, Я. Култан ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РЕГИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ.....	8
А.С. Баегизова, Г.Е. Мырзабекова, А.З. Алимагамбетова, Г.И. Мухамедрахимова, М. Кассим АНАЛИЗ КОРОТКИХ ТЕКСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ.....	23
Г.У. Бектемысова, А.А. Быков, Б.А. Нурашихин, А.А. Кереш, М.О. Даулетбек РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	37
Д. Едилхан, Н. Хаймульдин, Д. Оспанова, Б. Амиргалиев ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА ПОКРЫТИЯ ВСЕХ УЛИЦ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЯМ.....	57
А. Игнатович, А.С. Есенгельдина, Л.Т. Курмангазиева, С.Р. Шармуханбет, А.М. Недзведь ГЕНЕРАЦИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СУДЕБНЫХ РЕШЕНИЙ В КАЗАХСТАНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	75
А.Х. Касымова, Г.Б. Абдикеримова, А.К. Асабай, А.Б. Серикбаева, С.М. Ахмедова МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОТОКАХ.....	91
С.К. Кумаргажанова, Д. Нурлыбекова, А.С. Тлебалдинова, М.А. Карменова, С.А. Смаилова ВЫЯВЛЕНИЕ ЛАВИНООПАСНЫХ ЗОН В ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	115
С.Б. Муханов, К. Бекболат, Н.А. Сейлова, Ж.М. Бекаулова, С. Ж. Жакыпбеков СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЛАТИЛЬНОСТИ ЦЕН КРИПТОВАЛЮТ В ТОРГОВЫХ ПАРАХ.....	130
Н.А. Оданова, К.Б. Багитова, Э.Э. Эльдарова, Ж.Т. Кабылхамит, Л. Терейковская ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА КЛАВИАТУРНОГО ПОЧЕРКА В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	142
А.С. Сраж, М. Нуртас, А.А. Алтайбек, З.Т. Абдикаликова НЕЙРОННЫЕ СЕТИ КАК ИНСТРУМЕНТ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ.....	154
А.М. Темирхан, Г.Н. Пашенко ГРАФОВЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МОШЕННИЧЕСТВА: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ.....	174
Е.Б. Тулебаев, А.А. Муханова, Н. Горанин ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА РИСКОВ МУНИЦИПАЛЬНЫХ АКТИВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗРАСТА, ИЗНОСА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ.....	186
С. Тынымбаев, Ж.Е. Темирбекова, Р.Ш. Бердибаев, С.Е. Маманова СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЧЕТЫРЕХРАЗЯДНЫХ ДВОИЧНЫХ СУММАТОРОВ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПЕРЕНОСАМИ.....	200
Б.М. Укибасов, С.Б. Рахметулаева, Ж.О. Жанабеков, Ансар-уль-Хак Ясар АДАПТАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ДЕФЕКТОВ НА ЭХОКАРДИОГРАММАХ.....	214
Д.И. Усипбекова, М.Б. Есенова, Н. Узаккызы, Р. Мурадхан, П. Шмидт ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕКТОРА ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ТОЧНОГО ВЫЯВЛЕНИЯ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ МАММОГРАММЫ.....	235

CONTENTS

M. Aitimov, K. Makulov, A. Ostayeva, G. Mussagulova, J. Kultan APPLICATION OF A HYBRID MODEL TO STUDY THE IMPACT OF SOCIO-ECONOMIC FACTORS ON REGIONAL DEVELOPMENT.....	8
A. Bayegizova, G. Murzabekova, A. Alimagambetova, G. Mukhamedrakhimova, M. Kassim INTELLIGENT CLUSTERING METHODS FOR PROCESSING AND ANALYZING SHORT TEXTS.....	23
G.U. Bektemysova, A.A. Bykov, B.A. Norashikin, A.A. Keresh, M.O. Dauletbek DEVELOPMENT AND TESTING OF AN INTELLIGENT MONITORING SYSTEM FOR CONSTRUCTION PROCESSES BASED ON COMPUTER VISION AND MACHINE LEARNING.....	37
D. Yedilkhan, N. Khaimuldin, D. Ospanova, B. Amirgaliyev INTELLIGENT MODEL FOR FINDING THE OPTIMAL ROUTE TO COVER ALL STREETS WITH MOVEMENT CONSTRAINTS.....	57
A. Ignatovich, A.S. Yesengeldina, L.T. Kurmangazyeva, S.R. Sharmukhanbet, A.M. Nedzved SIGNIFICANT FACTORS ANALYSIS USING SHAP AND PCA FOR OPTIMIZING AGRICULTURAL RESOURCE MANAGEMENT.....	75
A. Kassymova, G. Abdikerimova, A. Assabay, A. Serikbayeva, S. Akhmedova REAL-TIME MATHEMATICAL MODELING FOR MOVING OBJECT DETECTION IN VIDEO STREAMS.....	91
S.K. Kumargazhanova, D. Nurlybekova, A.S. Tlebaldinova, M.A. Karmenova, S.S. Smailova FINDING AVALANCHE AREAS IN EAST KAZAKHSTAN USING MACHINE LEARNING.....	115
S.B. Mukhanov, K. Bekbolat, N.A. Seilova, Zh.M. Bekaulova, S.Zh. Zhakypbekov COMPARISON OF NEURAL NETWORK MODELS FOR PREDICTION CRYPTOCURRENCY PRICE VOLATILITY IN TRADING PAIRS.....	130
N. Odanova, K. Bagitova, E. Eldarova, Zh. Kabylkhamit, L. Tereikovska APPLICATION OF NEURAL NETWORK MODELS FOR KEYSTROKE DYNAMICS ANALYSIS IN INFORMATION SECURITY.....	142
A.S. Srazh, M. Nurtas, A.A. Altaibek, Z.T. Abdikalikova EURAL NETWORKS AS A TOOL FOR MATHEMATICAL COMPUTATION.....	154
A.M. Temirkhan, G.N. Pachshenko GRAPH NEURAL NETWORKS FOR FRAUD DETECTION: COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS.....	174
Y.B. Tulebayev, A.A. Mukhanova, N. Goranin PREDICTIVE RISK ASSESSMENT OF MUNICIPAL ASSETS USING MACHINE LEARNING: MODELING AGE, DEPRECIATION, AND USAGE FOR MAINTENANCE DECISIONS.....	186
S. Tynymbayev, Zh. E. Temirbekova, R. Berdibayev, E.S. Mamanova COMPARATIVE ANALYSIS OF FOUR-BIT BINARY ADDERS WITH PARALLEL CARRIES.....	200
B.M. Ukibassov, S.B. Rakhmetulayeva, Zh.O. Zhanabekov, Ansar-Ul-Haque Yasar ADAPTING FACE DETECTION AND RECOGNITION MODELS FOR ECHOCARDIOGRAPHIC DEFECT DIAGNOSIS.....	214
D. Ussipbekova, M. Yessenova, N. Uzakkyzy, R. Muratkhan, P. Schmidt DETERMINATION OF SIGNS VECTOR FOR ACCURATE DETECTION OF BREAST CANCER IN MAMMOGRAM IMAGES.....	235

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 6. Is. 2. Number 22 (2025). Pp. 186–199

Journal homepage: <https://journal.iitu.edu.kz><https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.012>

PREDICTIVE RISK ASSESSMENT OF MUNICIPAL ASSETS USING MACHINE LEARNING: MODELING AGE, DEPRECIATION, AND USAGE FOR MAINTENANCE DECISIONS

Y.B. Tulebayev^{1}, A.A. Mukhanova², N. Goranin³*

¹Astana IT University, Astana, Kazakhstan;

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan;

³Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania.

E-mail: yersultan.tulebayev@astanait.edu.kz

Tulebayev Y. — Master of Technical Sciences, «the Department of Computer Engineering», Astana IT University, Astana, Kazakhstan

E-mail: yersultan.tulebayev@astanait.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7965-1476>;

Mukhanova A. — PhD, associate professor L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: ayagoz198302@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3987-0938>;

Goranin N. — Doctor of Technological Sciences, professor, «the Department of Information Systems», Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania

E-mail: nikolaj.goranin@vilniustech.lt, <https://orcid.org/0000-0002-2263-3947>.

© Y.B. Tulebayev, A.A. Mukhanova, N. Goranin, 2025

Abstract. In the context of aging infrastructure and a shortage of budgetary resources, municipalities increasingly need to make informed decisions on asset maintenance and modernization. This study aims to develop and implement a model for intelligent risk assessment of municipal property using machine learning methods. A real dataset of over 620,000 records of personal assets of government agencies with information on the acquisition date, cost, classification, and affiliation with the IT sector was used as a basis. Features reflecting the technical and operational condition were developed: asset age, level of depreciation, intensity of use, etc. Assets were automatically classified as “high-risk” or “low-risk” based on logical conditions consistent with industry standards. Logistic regression, Random Forest, and XGBoost algorithms were used to build predictive models. The XGBoost model showed the highest accuracy (ROC-AUC: 0.9991), minimizing the number of false and missed positives. Feature importance analysis confirmed the decisive role of deterioration level, age and intensity of use. The obtained results can be integrated into digital asset management platforms to support decision-making and transition from reactive to proactive maintenance. The work demonstrates the high applicability of machine learning in the tasks of sustainable and efficient management of urban infrastructure.

Keywords: asset risk assessment, municipal property, machine learning, pre-



dictive analytics, proactive maintenance

For citation: Y.B. Tulebayev, A.A. Mukhanova, N. Goranin. Predictive risk assessment of municipal assets using machine learning: modeling age, depreciation, and usage for maintenance decisions//International journal of information and communication technologies. 2025. Vol. 6. No. 22. Pp. 186–199 (In Eng.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.012>

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

МУНИЦИПАЛДЫҚ АКТИВТЕРДІҢ ТӘУЕКЕЛДЕРІН БОЛЖАУ: МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ЖАС, ТОЗУ ЖӘНЕ ПАЙДАЛАНУ ҚАРҚЫНДЫЛЫҒЫ НЕГІЗІНДЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ШЕШІМДЕРІН МОДЕЛЬДЕУ

Е.Б. Тулебаев^{1}, А.А. Муханова², Н. Горанин³*

¹Astana IT Университет, Астана, Қазақстан;

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан;

³Вильнюс Гедиминас техникалық университеті, Вильнюс, Литва.

E-mail: yersultan.tulebayev@astanait.edu.kz

Тулебаев Е. — Техника ғылымдарының магистрі, «Компьютерлік инженерия» кафедрасы, Астана IT университеті, Астана, Қазақстан

E-mail: yersultan.tulebayev@astanait.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7965-1476>;

Муханова А. — PhD, доцент Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

E-mail: ayagoz198302@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3987-0938>;

Горанин Н. — профессор, техника ғылымдарының докторы, «Ақпараттық жүйелер» кафедрасы, Вильнюс Гедиминас техникалық университеті, Вильнюс, Литва

E-mail: nikolaj.goranin@vilniustech.lt, <https://orcid.org/0000-0002-2263-3947>.

© Е.Б. Тулебаев, А.А. Муханова, Н. Горанин, 2025

Аннотация. Инфрақұрылымның қартаюуы және бюджеттік ресурстардың жетіспеушілігі жағдайында муниципалитеттер активтерді күтіп ұстау және модернизациялау бойынша негізделген шешімдер қабылдау қажеттілігіне көбірек тап болуда. Бұл зерттеудің мақсаты – машиналық оқыту әдістерін пайдалана отырып, муниципалды меншіктің тәуекелдерін интеллектуалды бағалау моделін әзірлеу және енгізу. Зерттеу сатып алу күні, құны, жіктелуі және IT секторына қатыстылығы туралы мәліметтері бар мемлекеттік мекемелердің жеке активтерінің 620 000-нан астам жазбаларының нақты деректер жиынтығына негізделген. Техникалық және пайдалану жағдайын көрсететін ерекшеліктер әзірленді: активтің жасы, тозу деңгейі, пайдалану қарқындылығы және т.б. Активтер салалық стандарттарға сәйкес логикалық шарттар негізінде автоматты түрде «жоғары тәуекелді» немесе «тәуекелділігі төмен» болып жіктеледі. Болжамды модельдерді құру үшін логистикалық

регрессия, кездейсоқ орман және XGBoost алгоритмдері пайдаланылды. XGBoost моделі ең жоғары дәлдікті (ROC-AUC: 0,9991) көрсетті, бұл жалған және қабылданбаған оң нәтижелердің санын азайтты. Ерекшелік маңыздылығын талдау тозу деңгейінің, жастың және пайдалану қарқындылығының шешуші рөлін растады. Алынған нәтижелерді шешім қабылдауды қолдау және реактивті қызметтен проактивті техникалық қызмет көрсетуге көшу үшін активтерді басқарудың цифрлық платформаларына біріктіруге болады. Жұмыс қалалық инфрақұрылымды тұрақты және тиімді басқару міндеттерінде машиналық оқытудың жоғары қолданылуын көрсетеді.

Түйін сөздер: активтер тәуекелін бағалау, муниципалдық меншік, машиналық оқыту, болжамды талдау

Дәйексөздер үшін: Е.Б. Тулебаев, А.А. Муханова, Н. Горанин. муниципалдық Активтердің тәуекелдерін болжау: машиналық оқытуды пайдалану арқылы жас, тозу және пайдалану қарқындылығы негізінде техникалық қызмет көрсету шешімдерін модельдеу//Халықаралық ақпараттық және коммуникалық технологиялар журналы. 2025. Т. 6. No. 22. 186–199 бет. (ағылшын тілінде). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.012>.

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

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА РИСКОВ МУНИЦИПАЛЬНЫХ АКТИВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗРАСТА, ИЗНОСА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ

Е.Б. Тулебаев^{1*}, А.А. Муханова², Н. Горанин³

¹Astana IT Университет, Астана, Казахстан;

²Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан;

³Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Вильнюс, Литва.

E-mail: yersultan.tulebayev@astanait.edu.kz

Тулебаев Е. — магистр технических наук, «Департамент компьютерной инженерии», Astana IT Университет, Астана, Казахстан

E-mail: yersultan.tulebayev@astanait.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7965-1476>;

Муханова А. — PhD, доцент, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

E-mail: ayagoz198302@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3987-0938>;

Горанин Н. — профессор, доктор технических наук, «Кафедра информационных систем», Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Вильнюс, Литва

E-mail: nikolaj.gorani@vilniustech.lt, <https://orcid.org/0000-0002-2263-3947>.

© Е.Б. Тулебаев, А.А. Муханова, Н. Горанин, 2025

Аннотация. В условиях стареющей инфраструктуры и нехватки бюджетных ресурсов муниципалитетам все чаще приходится принимать обоснованные решения по обслуживанию и модернизации активов. Целью данного исследования является разработка и внедрение модели интеллектуальной оценки рисков муниципальной собственности с использованием методов машинного обучения. За основу был взят реальный набор данных из более чем 620 000 записей личных активов государственных учреждений с информацией о дате приобретения, стоимости, классификации и принадлежности к ИТ-сектору. Были разработаны признаки, отражающие техническое и эксплуатационное состояние: возраст активов, уровень амортизации, интенсивность использования и т.д. Активы автоматически классифицировались как «высокорисковые» или «низкорисковые» на основе логических условий, соответствующих отраслевым стандартам. Для построения прогностических моделей использовались алгоритмы логистической регрессии, случайного леса и XGBoost. Модель XGBoost показала наивысшую точность (ROC-AUC: 0,9991), минимизировав количество ложных и пропущенных положительных результатов. Анализ важности признаков подтвердил решающую роль уровня износа, возраста и интенсивности использования. Полученные результаты могут быть интегрированы в платформы управления цифровыми активами для поддержки принятия решений и перехода от реактивного к проактивному обслуживанию. Работа демонстрирует высокую применимость машинного обучения в задачах устойчивого и эффективного управления городской инфраструктурой.

Ключевые слова: оценка риска активов, муниципальная собственность, машинное обучение, предиктивная аналитика

Для цитирования: Е.Б. Тулебаев, А.А. Муханова, Н. Горанин. Прогнозная оценка рисков муниципальных активов с использованием машинного обучения: моделирование возраста, износа и использования для принятия решений по обслуживанию // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. 2025. Т. 6. No. 22. Стр. 186–199. (На англ.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.012>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Introduction

In recent decades, cities and towns around the world have been facing the problem of rapidly aging and deteriorating infrastructure. Municipal assets — from IT equipment and office furniture to medical and engineering infrastructure — require regular maintenance, renewal, and replacement. However, resources for these purposes are limited, and decision-making mechanisms are often based on subjective assessments, outdated regulations, or formal indicators such as the age or cost of the asset. This approach does not always reflect the actual technical condition of the property and can lead to inefficient budget allocation, increased operational risks, and deterioration in the quality of municipal services.

In this regard, there is a growing need to develop assessment tools that allow for accurate and timely identification of assets with a high risk of failure or need for replacement. Such tools must be scalable, interpretable, adaptable to different types of assets, and take into account both physical characteristics and operating conditions. The most promising direction in this area is the use of data analysis and machine learning methods that allow you to identify hidden dependencies and build predictive models based on historical and current data. Data science and advanced analytics, especially machine learning methods, can provide actionable insights and deeper knowledge about data, making the computing process automatic and intelligent, providing decision support in various application areas. (Sarker, 2021)

Modern municipalities accumulate significant amounts of information about assets - including the date of acquisition, cost, classification, intensity of use, depreciation characteristics and even georeferencing. However, this data is rarely used to build intelligent decision support systems. In most cases, they act only as reference information, while their potential for predicting technical condition remains untapped.

There are already a number of examples of using predictive analytics for infrastructure management tasks in global practice. For example, in the energy sector, models are used to assess the risk of transformer failure, in the water sector to predict pipe deterioration (Taiwo et al., 2025), in the transportation sector to prioritize road maintenance, and to identify climate-related failures in rail infrastructure using machine learning (Soleimani-Chamkhorami et al., 2024), as well as to predict the risk of stablecoin decoupling in finance (Lee et al., 2025), to predict the risk-return trade-off in financial markets for asset management (Yarbakhsh et al., 2025), or to predict the future value of investments (Parisi & Manaog, 2025), or to predict the risk of viral failure in adolescents living with HIV (Kizito et al., 2025). However, at the municipal property level, especially in the non-production asset segment, such as office equipment, IT systems or furniture, such approaches have been applied to a limited extent. One of the reasons is the lack of unified assessment methods that take into account the specifics of such assets.

This study aims to fill this gap. We propose an intelligent risk assessment model that is based on structured asset data and uses machine learning methods to build a classification model. As part of the work, we carried out careful feature engineering, which allows taking into account not only the age and value of the property, but also such characteristics as intensity of use, affiliation with the IT sector, as well as the level of depreciation calculated taking into account the expected service life. This provides a more complete and objective picture of the technical condition of each asset. Similar approaches to the development of machine learning-based tools for managing specific assets, such as sewer pipeline networks, are also actively developing in the scientific literature (Stengel et al., 2024). It is also important to emphasize that the proposed model is not a “black box” — on the contrary, we pay great attention to the interpretability of the results. For this purpose, in addition to high-precision algorithms such as XGBoost, the study includes logistic regression, which allows for a visual assessment of the impact of each feature on the final decision. The importance

of features, error matrices, and ROC curves are also analyzed, making the model suitable for integration into real asset management and decision-making systems.

This study therefore has two key objectives. First, it demonstrates the applicability of modern machine learning algorithms to the task of predicting the risk of municipal asset renewal. Second, it offers a practical toolkit that can be integrated into existing urban information systems and used to formulate proactive asset management policies. Given the rapid development of technologies and the growing interest in the digital transformation of cities, such a model can be an important step towards smart and sustainable municipal systems.

Objective of the Study

The objective of this study is to develop, implement and evaluate the effectiveness of an intelligent model for classifying municipal asset risks using machine learning methods. The focus is on building a predictive system that can accurately identify assets with a high risk of failure based on such attributes as age, depreciation level, intensity of use, IT category, cost, and formal parameters, including asset classification.

The main challenge is to move from reactive management to proactive management, where decisions on asset maintenance and replacement are made not on the basis of a calendar service life or subjective assessment, but on the basis of objective, quantifiable characteristics obtained by analyzing large amounts of data. The developed model should not only be highly accurate, but also interpretable so that it can be integrated into decision support systems of city administrations, IT and finance departments. In addition, the study is intended to demonstrate the potential of such models in the context of digital transformation of urban infrastructure management and sustainable development of municipal systems.

Methodology

The methodology of this study is based on the sequential implementation of the stages of data collection, cleaning and analysis, feature engineering, target variable construction and training of machine learning models. Each step was aimed at achieving high prediction accuracy, model interpretability and practical utility of the results.

The source material was a combined dataset of more than 627,000 municipal asset records, presented as a CSV file. Each record contains fields such as agency code, asset name, acquisition or installation date, cost, classification, IT affiliation, year and type of ownership. After initial cleaning and removal of rows with critically missing values (e.g. without acquisition date), the final sample consisted of 609,017 records.

The following steps were implemented to create meaningful features:

- Asset age (ASSET_AGE): calculated as the difference between 2025 and the year of asset installation.
- Depreciation level (DEPRECIATION): calculated as a percentage based on the expected service life depending on the asset type. For example, for IT equipment - 5 years, for infrastructure - 30 years.

- Usage intensity (USAGE_INTENSITY): assigned a value from 1 to 4 depending on the equipment type. IT and medical equipment received higher values.
- Asset type (PROPERTY_TYPE_REFINED): assigned based on keywords in the asset name. For example, the words “laptop” or “server” classified the asset as an IT category.

All categorical features (such as PROPERTY_CLASSIFICATION and IT_OR_NON-IT) were encoded using the Label Encoding method.

The target variable HIGH_RISK was formed according to heuristic rules. An asset was considered high risk (value 1) if it met at least two of the following conditions:

- age exceeds a threshold (e.g. 6 years for IT assets);
- depreciation level exceeds 60%;
- high intensity of use.

This has resulted in a balanced, interpretable, and practically applicable risk metric. In this context, hierarchical modeling can be effectively used to overcome the challenges of insufficient data and subgroup heterogeneity while providing a quantitative assessment of prediction uncertainty. (Dhada et al., 2024) It is important to note, however, that to achieve high failure prediction accuracy, especially in large-scale networks such as water supply networks, it is necessary to consider not only individual asset attributes but also their relationships in the network (structural information) and failure patterns over time. (Liang et al., 2021)

Three algorithms were selected to build the risk prediction model:

- Random Forest — as an interpretable ensemble method;
- Logistic Regression — for a linear approach and feature influence assessment;
- XGBoost — as a powerful boosting algorithm capable of handling complex dependencies.

These and other machine and deep learning algorithms are widely used in predictive maintenance of industrial equipment to solve classification and regression problems. (Zhang et al., 2019)

The data was divided into training and test sets in a ratio of 80/20. After training, the models predicted both classes (0 or 1) and probabilities, which were used to calculate quality metrics. Such approaches to predicting the remaining service life of assets and supporting decisions on their renewal, including the use of advanced data analysis and machine learning methods, are actively used, including in the electric power sector to optimize maintenance and replacement planning. (Santiago et al., 2023)

The following metrics were used to evaluate the effectiveness:

- Accuracy;
- Recall and Precision;
- F1-measure;
- ROC-AUC;
- Error matrices;

- Feature importance graphs.

The results of the models were compared both by numerical metrics and visually (via ROC curves and heat maps of error matrices).

Results

During the validation phase, the machine learning models demonstrated high accuracy values for classifying assets by risk. The best result was shown by the XGBoost model, achieving a ROC-AUC value of 0.9991, indicating a near-perfect separation of classes. However, despite the good performance of traditional machine learning models such as XGBoost, research shows that for failure prediction in large networks such as water utilities, where not only individual asset information but also their relationships are important, graph neural networks can demonstrate superior results by leveraging structural information and taking into account temporal failure patterns. (Liang et al., 2021) The Random Forest model also showed excellent results (ROC-AUC: 0.9978), slightly inferior to XGBoost. Logistic regression, despite a lower score (0.9914), remained a valuable tool due to its high interpretability.

Table 1. Model Performance Evaluation

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1-score	ROC-AUC
Logistic Regression	0,9845	0.9981	0.9799	0.9889	0.9914
Random Forest	0.9948	0.9967	0.9945	0.9956	0.9978
XGBoost	0,9960	0,9993	0,9837	0,9914	0,9991

The feature importance assessment showed that the most significant variables for all models were technical characteristics related to asset depreciation and age. This was especially evident in XGBoost, where the depreciation level (DEPRECIATION) became the key indicator. In logistic regression, the intensity of use played a dominant role, and in Random Forest, age, depreciation, and IT ownership made a balanced contribution.

Table 2. Comparison of Feature Importance by Machine Learning Models

Feature	Logistic Regression	Random Forest	XGBoost
ASSET_AGE	average	most important	low
DEPRECIATION	weak	very important	most important
USAGE_INTENSITY	dominant	significant	moderate
VALUE_OR_COST	almost zero	weak	zero

IT_OR_NON-IT	moderate	moderate	zero
PROPERTY_ CLASSIFICATION	almost zero	zero	zero

This table allows us to draw conclusions about the differences in the logic of the models. XGBoost, as a model more sensitive to structural patterns, emphasizes physical depreciation, while logistic regression focuses on linear dependencies, such as usage intensity.

Confusion matrices confirmed the high accuracy of all models, especially in identifying high-risk assets. XGBoost has the minimum number of false positives (FP = 51), while logistic regression missed more risky assets (FN = 1478), which potentially reduces its applicability in critical systems.

Table 3. Comparison of Confusion Matrix Values by Machine Learning Models

Model	T r u e Positives	False Negatives		False Positives	True Negatives
L o g i s t i c Regression	72,097	1,478		133	48,096
R a n d o m Forest	73,173	402		243	47,986
XGBoost	72,379	1,196	51		48,178

ROC curves visualized the differences in the sensitivity of the models. XGBoost and Random Forest demonstrated the best curve shape, close to the upper left corner, indicating the ability to accurately separate the classes. The logistic regression curve was slightly lower, indicating a higher proportion of false negatives. As can be seen from Figure 1, all three models demonstrated high classification performance. XGBoost and Random Forest are visually close to the ideal classifier, while logistic regression shows a slightly smaller area under the curve.

Discussion. The results obtained during the study provide an in-depth analysis of the potential and limitations of machine learning methods in the life cycle management of municipal assets. They demonstrate that even with a limited set of features, such as age, depreciation, intensity of use, and classification attributes, it is possible to achieve high accuracy in determining the risk associated with a particular asset. (Forero-Ortiz et al., 2023)

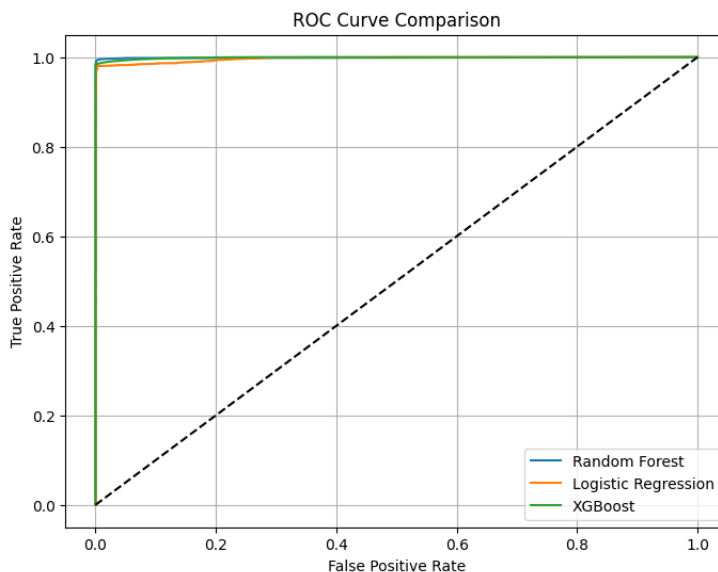


Fig. 1. Comparison of ROC curves of Random Forest, Logistic Regression and XGBoost models for classifying municipal assets by risk level.

The first thing that the analysis draws attention to is the high accuracy of all three models, despite the difference in their algorithmic nature. XGBoost demonstrated the best ability to distinguish between risky and non-risky assets, with a virtually perfect ROC-AUC value (0.9991), indicating extremely high sensitivity and specificity. This is explained by the internal boosting mechanism, which allows the model to consistently minimize the error of previous trees and consider complex nonlinear relationships between features.

Random Forest, although inferior to XGBoost in accuracy, showed the best balance between the number of false positives and false negatives. Its ability to identify truly risky assets (True Positives) turned out to be higher, which makes it especially attractive for practical application in conditions where the priority is to minimize technical failures.

Despite lower accuracy rates, logistic regression plays an important role as an interpretable model. Its coefficients allow for a direct assessment of the contribution of each attribute to the final decision, which is critical when it comes to justifying management actions to stakeholders such as finance departments, audit services, or public observers.

Equally important is the analysis of the importance of attributes. Almost all models confirmed the key role of operational characteristics, primarily the level of wear and tear and age. This confirms the hypothesis that it is the technical condition, rather than accounting parameters, which determines the actual risk associated with an asset. At the same time, attributes such as formal classification or cost turned out to be of low significance. This opens the way to rethinking existing methods of in-

ventory and property valuation, in which cost is often used as the main prioritization criterion.

Usage intensity was a particularly significant factor in the logistic regression. This is understandable, since high frequency of use directly affects the service life of equipment, especially in the case of IT and medical assets. This feature, despite its subjectivity (it was set manually), showed a stable correlation with the risk level. This provides grounds for further development of the automated usage monitoring direction, for example, through the implementation of sensors or accounting systems. From a practical point of view, the proposed model is a valuable tool for the digitalization of asset management processes. It can be integrated into existing information systems, creating a single analytical space in which lists of assets with a high update priority are automatically generated. Such machine learning-based solutions can significantly improve asset maintenance and management priorities by automating processes such as criticality analysis and predicting the condition of equipment based on sensor data. (Hanish Nithin et al., 2022) Moreover, the results can be used to justify budget requests, draw up technical specifications, prepare tender documentation, and monitor the execution of contracts for the supply and modernization of property.

An important aspect is the scalability of the model. It can be adapted to assets of various levels: from a single building or department to the entire city infrastructure. With a centralized database and automatic sources of information (e.g., APIs of accounting systems, registration registries, sensor platforms), the model can perform risk assessment in real time.

The interpretability of the model is also straightforward. In addition to logistic regression, SHAP (SHapley Additive exPlanations) methods can be used for more complex models, which allow you to visualize the contribution of each feature to the prediction for a specific asset. This makes the algorithm not only predictable, but also transparent, which is especially important in the context of public reporting and compliance with the principles of open governance.

The limitations cannot be ignored. Firstly, the model depends on the quality of the source data. Missing values, incorrect values, and inconsistent formats can significantly affect the accuracy of predictions. This study took steps to clean and normalize the data, but in real conditions, validation procedures at the data entry level would need to be implemented. Secondly, the current model does not consider spatial and temporal characteristics, such as asset location, repair history, operating conditions (e.g., climate). Their inclusion in the future can significantly improve the accuracy of the assessment.

Despite this, even the current version of the model provides a powerful analytical tool that can change the approach to municipal asset management. It facilitates the transition from a reactive approach (“replace when it breaks”) to a proactive one (“service when the predictive model shows a high risk of failure”), which in turn leads to cost reduction, increased reliability and sustainability of urban infrastructure.

Thus, the discussion shows that the developed algorithm is not just an experimental solution, but a ready-to-use tool that can improve the efficiency of municipal

asset management. Its implementation opens the way to the creation of smart cities, where resources are used as rationally as possible, and the risks of technical failures are minimized through predictive analytics.

Conclusion

During this study, an intelligent model for assessing the risk of municipal assets based on modern machine learning algorithms was developed and tested. The use of a large amount of data, including information on more than 600 thousand units of property, allowed not only to identify the most significant risk indicators, but also to prove that even a limited data set in structure and volume can serve as a reliable basis for the formation of accurate and practically applicable models.

The key advantage of the proposed approach is the transition from static, regulated assessment methods (based, as a rule, on calendar age or accounting value) to a dynamic system based on data on technical and operational condition. This opens new horizons in asset lifecycle management - from budget planning and preventive maintenance to strategic renewal of the material and technical base of municipalities.

The modeling results showed that the XGBoost model was the most effective in terms of accuracy and stability. It achieved a ROC-AUC value of 0.9991, minimizing the number of both false positives and false negatives. At the same time, the Random Forest model demonstrated more balanced performance in scenarios with limited explainability, and logistic regression provided high interpretability, which makes it useful in the context of substantiating management decisions.

Of value is the analysis of the importance of features. It was found that such parameters as depreciation (calculated based on age and standard service life), intensity of use and type (e.g., IT or infrastructure) have the greatest impact on the probability of asset failure. In contrast, such indicators as original cost or property classification turned out to be poorly informative. This allows us to rethink the principles of accounting and valuation of assets in state registries, focusing on operational characteristics.

The developed model can be easily scaled and adapted to specific tasks and conditions of various cities, regions and departments. It can be integrated into existing asset management platforms and become the basis for the implementation of predictive maintenance modules. In combination with the Internet of Things (IoT), geographic information systems (GIS) and digital twins, this model can become a key element of the smart infrastructure of the city of the future.

Despite the results achieved, the author is aware of several limitations. The current study did not consider spatial features, time trends, climatic and operational conditions. Future work plans to supplement the model with these parameters, as well as use explainable machine learning methods, such as SHAP, to increase the transparency of decisions.

Thus, this study demonstrates that machine learning technologies have high potential in the field of sustainable, proactive and informed management of municipal assets. Their implementation will significantly increase the reliability of urban infrastructure, reduce repair and modernization costs, and improve the quality of services

provided to the population.

Prospects

The development of an intelligent model for assessing the risk of municipal assets opens broad opportunities for further development in both scientific and practical terms. One of the priority areas is the inclusion of spatial data (geolocations, climate zones, type of coverage of buildings and objects), which will allow considering the territorial features of asset operation.

In the future, the model can be supplemented with time characteristics, including maintenance history, frequency of repairs, and peak load seasons. This will allow moving from static to dynamic risk assessment and introducing predictive maintenance approaches.

It is also planned to use explainable machine learning tools, such as SHAP (SHapley Additive exPlanations), which will ensure transparency of predictions even for complex models such as XGBoost. This is especially important in the context of open management when it is necessary to justify decisions to the public and regulatory authorities.

An additional vector is the development of asset clustering and segmentation modules, which will allow for strategic grouping by risk type, cost and renewal priority. All this will contribute to the formation of sustainable, manageable and digitally transformed urban systems.

REFERENCES

- Dhada M., Hadjidemetriou G.M. & Parlikad A.K. (2024). Predicting Road Condition using Linear Hierarchical Modelling. IFAC-PapersOnLine. — 58(8). — Cagliari, Italy. — Pp. 407–411.
- Forero-Ortiz E., Martinez-Gomariz E., Sanchez-Juny M., Cardus Gonzalez J., Cucchiatti F., Baque Viader F. & Sarrias Monton M. (2023). Models and explanatory variables in modelling failure for drinking water pipes to support asset Hanish Nithin, A., Hobbs, M., Sriramula, S., & Sripada, Y. (2022). An approach to improve asset maintenance and management priorities using machine learning techniques. *Safety and Reliability*, 41(3). — London. — Pp. 151–169.
- Zhang W., Yang D. & Wang H. (2019). Data-Driven Methods for Predictive Maintenance of Industrial Equipment: A Survey. *IEEE Systems Journal*. — 13(3). — New York. — Pp. 2213–2227.
- Kizito S., et al. (2025). A prediction model for virologic failure in adolescents living with HIV in Uganda: Findings from the Suubi+Adherence study. *Public Health*. — 244. — 105753.
- Liang S., Li Z., Liang B., Ding Y., Wang Y. & Chen F. (2021). Failure Prediction for Large-scale Water Pipe Networks Using GNN and Temporal Failure Series. *Proceedings of the 30th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM '21)*. — New York: ACM. — Pp. 3955–3964.
- Lee Y.-H., Chiu Y.-F. & Hsieh M.-H. (2025). Stablecoin depegging risk prediction. — *Pacific-Basin Finance Journal*. — 90. — 102640.
- Taiwo R., Shaban I.A., Ahmad T. & Zayed T. (2025). Big data-driven prediction of watermain failures in semi-tropical regions: Case study of Hong Kong's distribution network. *Automation in Construction*. — 175. — 106159.
- Parisi L. & Manaog M.L. (2025). Optimal Machine Learning- and Deep Learning-driven algorithms for predicting the future value of investments: A systematic review and meta-analysis. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. — 142. — 109924.
- Stengel J., Aboagye E., Le P., DeNafo M., Snyder D., Nelson N. & Yenkie K. (2024). Systematic Development of a Machine Learning-Based Asset Management Tool for Wastewater Pipeline Networks. *ACS ES&T Water*. — Washington, DC. — Pp. 5555–5565.

Sarker I.H. (2021). Data Science and Analytics: An Overview from Data-Driven Smart Computing, Decision-Making and Applications Perspective. *SN Computer Science*. — 2(5). — 377.

Soleimani-Chamkhorami K., Karbalaie A., Kasraei A., Haghighi E., Famurewa S.M. & Garmabaki A.H.S. (2024). Identifying climate-related failures in railway infrastructure using machine learning. *Transportation Research Part D*, — 135. — 104371.

Santiago H.d.C., Cavalcanti J.C.d.S., Prudêncio R.B.C., Mohamed M.A., Sarubbo L.A., Converti A. & Marinho M. H.d.N. (2023). A Novel Remaining Useful Estimation Model to Assist Asset Renewal Decisions Applied to the Brazilian Electric Sector. *Energies*. — 16(6). — 2513.

Yarbakhsh R., Soleymani Baghshah M. & Karimaghaie H. (2025). Predicting risk/reward ratio in financial markets for asset management using machine learning. *Expert Systems With Applications*. — 284. — 127650.



**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 15.06.2025.

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