

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



**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION
TECHNOLOGIES**

Published since 2020.
Volume 7. 1 (25). 2026
January–March

**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ
ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ**

2020 жылдан бері шығарылады
Том 7. 1 (25). 2026
Қаңтар-Наурыз

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Издается с 2020 г.
Том 7. 1 (25). 2026
Январь-Март

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

Зарегистрировано в Международном центре регистрации серийных изданий ISSN (ЮНЕСКО, Париж, Франция). ISSN 2708–2032 (print), ISSN 2708–2040 (online)

Журнал входит в Перечень научных изданий, рекомендуемых КОКНВО МНВО РК для публикации основных результатов научной деятельности.

EDITOR-IN-CHIEF:

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

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

Madina Ipalakova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Director of the Research Department, International Information Technology University (Kazakhstan)

EDITORIAL BOARD:

Abdul Razak — PhD, professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Lucio Tommaso De Paolis — Director of the R&D Department of the AVR Laboratory, Department of Engineering for Innovation, University of Salento (Italy)

Liz Bacon — Professor, Deputy Vice-Chancellor, Abertay University (United Kingdom)

Michele Pagano — PhD, Professor, University of Pisa (Italy)

Mukhtarbay Otelbayev — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, professor of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)

Bolatbek Rysbauly — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, professor of the Department of Computing and Data Science, Astana IT University (Kazakhstan)

Yevgeniya Daineko — PhD, research professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

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

Bakhtgerci Sinchev — Doctor of Technical Sciences, professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

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

Ardak Mukhamediyeva — Candidate of Economic Sciences, Dean of the Faculty of Business, Media and Management, International Information Technology University (Kazakhstan)

Zamira Abdikalikova — PhD, associate professor, Head of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

MANAGING EDITOR

Raushan Mrzabayeva — Master of Science, editor, International Information Technology University (Kazakhstan)

International Journal of Information and Communication Technologies

Periodicity: 4 times a year.

Languages: Kazakh, Russian, English

DOI prefix: 10.54309

ISSN 2708-2032 (print)

ISSN 2708-2040 (online)

Thematic focus: "Information technology"; "Digital technologies in the development of socio-economic systems"; "Information security and communication technologies".

Distribution: Materials are distributed under the Creative Commons Attribution 4.0

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

Owner: International Information Technology University JSC (Almaty).

Copyright: © International Journal of Information and Communication Technologies, 2026

РЕДАКЦИЯ

БАС РЕДАКТОР:

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

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

Ипалакова Мадина Тулегеновна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің ғылыми-зерттеу қызметі жөніндегі департамент директоры (Қазақстан)

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

- Разак Абдул** — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессоры (Қазақстан)
Луччо Томмазо де Паолис — Саленто Университеті (Италия) инновация және технологиялық инжиниринг департаменті AVR зертханасының зерттеу және әзірлеу бөлімінің директоры
Лиз Бэкон — профессор, Абертей Университеті (Ұлыбритания) вице-канцлерінің орынбасары
Микеле Пагано — PhD, Пиза Университетінің (Италия) профессоры
Өтелбаев Мухтарбай Өтелбайұлы — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының профессоры (Қазақстан)
Рысбайұлы Болатбек — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Есептеу және деректер ғылымдары департаментінің профессоры, Astana IT University (Қазақстан)
Дайнеко Евгения Александровна — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)
Дузаев Нуржан Токсуажевич — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті цифрландыру және инновациялар жөніндегі проректор (Қазақстан)
Синчев Бахтгерей Куспанович — техника ғылымдарының докторы, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессоры (Қазақстан)
Сейлова Нургуль Абдуллаевна — техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік технологиялар және киберқауіпсіздік факультетінің деканы (Қазақстан)
Мухамедиева Ардак Габитовна — экономика ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті бизнес медиа және басқару факультетінің деканы (Қазақстан)
Абдикаликова Замира Турсынбаевна — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)
Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті экономика және бизнес кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)
Дамелия Максutowна Ескендрова — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)
Ниязгулова Айгуль Аскарбековна — филология ғылымдарының кандидаты, доцент, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті медиакоммуникация және Қазақстан тарихы кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)
Айтмағамбетов Алтай Зуфарович — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті радиотехника, электроника және телекоммуникация кафедрасының профессоры (Қазақстан)
Бахтиярова Елена Ажибековна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті радиотехника, электроника және телекоммуникация кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)
Канибек Сансызбай — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)
Тынымбаев Сахибай — техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік инженерия кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)
Алмисреб Али Абд — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)
Мохамед Ахмед Хамада — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)
Янг Им Чу — PhD, Гачон университетінің профессоры (Оңтүстік Корея)
Талеуш Валлас — PhD, Адам Мицкевич атындағы (Польша) университеттің проректоры
Мамырбаев Оркен Жумажанович — PhD, ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті ақпараттық және есептеу технологиялары институты ӨМК директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Қазақстан)
Бушув Сергей Дмитриевич — техника ғылымдарының докторы, профессор, Украинаның "УКРНЕТ" жобаларды басқару қауымдастығының директоры, Киев ұлттық құрылыс және сулет университеті жобаларды басқару кафедрасының меңгерушісі (Украина)
Белюшицкая Светлана Васильевна — техника ғылымдарының докторы, доцент, Astana IT University есептеу және деректер ғылымы кафедрасының профессоры (Қазақстан)

ЖАУАПТЫ РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — магистр, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің редакторы (Қазақстан)

Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Префикс DOI: 10.54309

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Басылым тілі: қазақ, орыс, ағылшын.

Тақырып бағыты: "Ақпараттық технологиялар"; "Ақпараттық қауіпсіздік және коммуникациялық технологиялар"; "Әлеуметтік-экономикалық жүйелерді дамытудағы цифрлық технология".

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

Тарату: материалдар Creative Commons Attribution 4.0 лицензиясы бойынша таратылады

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

Авторлық құқық: © Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы, 2026

РЕДАКЦИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Ипалакова Мадина Тулегеновна — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, директор департамента по научно-исследовательской деятельности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Разак Абдул — PhD, профессор кафедры кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Лучио Томмазо де Паолис — директор отдела исследований и разработок лаборатории AVR департамента инноваций и технологического инжиниринга Университета Саленто (Италия)

Лиз Бэкон — профессор, заместитель вице-канцлера Университета Абертей (Великобритания)

Микеле Пагано — PhD, профессор Университета Пизы (Италия)

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

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

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

Дузбаев Нуржан 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 Максютнова Ескендрова — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

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

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

Бахтиярова Елена Ажибековна — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой радиотехники, электроники и телекоммуникаций Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Канибек Сансызбай – PhD, ассоциированный профессор, профессор-исследователь кафедры кибербезопасности, Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Тынымбаев Сахиябай – кандидат технических наук, профессор, профессор-исследователь кафедры компьютерной инженерии, Международного университета информационных технологий (Казахстан)

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

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

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

Тадеуш Валлас – PhD, проректор университета имен Адама Мицкевича (Польша)

Мамырбаев Оркен Жумажанович — PhD, заместитель директора по науке РГП Института информационных и вычислительных технологий Комитета науки МНВО РК (Казахстан)

Бушуев Сергей Дмитриевич — доктор технических наук, профессор, директор Украинской ассоциации управления проектами «УКРНЕТ», заведующий кафедрой управления проектами Киевского национального университета строительства и архитектуры (Украина)

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — магистр, редактор Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Международный журнал информационных и коммуникационных технологий

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Префикс DOI: 10.54309

Периодичность: 4 выпусков в год.

Язык издания: казахский, русский, английский.

Тематическая направленность: "Информационные технологии"; "Информационная безопасность и коммуникационные технологии"; "Цифровые технологии в развитии социально-экономических систем".

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

Распространение: материалы распространяются по лицензии Creative Commons Attribution 4.0

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

Авторские права: © Международный журнал информационных и коммуникационных технологий, 2026

CONTENTS

DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

A.B. Zhalgas, Y.N. Kalpakov, B.Ye. Amirgaliyev
MACHINE LEARNING-DRIVEN OPTIMIZATION OF LOGISTICS IN SMART CITIES: A CASE STUDY OF ASTANA9

L. Kurmangaziyeva, Sh. Kodanova, M. Urazgaliyeva, O. Findik, S. Iskakova
INTEGRATING FUZZY LOGIC AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN OPTIMIZING BUSINESS PROCESS AUTOMATION DECISIONS24

Y. Mailybayev, U. Adilbayeva, R. Amanova
ORGANIZATION OF AN ONLINE SURVEY OF PARTICIPANTS IN THE EDUCATIONAL PROCESS AND ANALYSIS OF THE RESULTS BASED ON THE MODIFIED DELPHI METHOD46

V.A. Takizhanov, A.Z. Ibragimov, A. Shalakhmetov
SIMULATION-BASED ROBUSTNESS ASSESSMENT OF ASTANA'S BUS NETWORK UNDER RANDOM AND TARGETED FAILURES61

INFORMATION TECHNOLOGY

M. Zh. Aitimov, G. K. Muratova, Zh. K. Bissenbayeva, I.M. Bapiyev, M. Kassim
SEMANTIC COMPLETENESS IN KAZAKH-LANGUAGE EXTRACTIVE QA THROUGH ONTOLOGY AND RETRIEVAL MECHANISMS76

O.N. Akylbekov, Y.T. Dauletbek, A.N. Moldagulova, G.S. Zakariya, D.A. Gura
MACHINE LEARNING METHODS FOR ANALYSING THREE-DIMENSIONAL SPATIAL DATA IN KAZAKHSTAN'S LAND USE PLANNING.....89

S.Zh. Aliaskarov, R.K. Uskenbayeva, A. Razaque, A.B. Kassymova, A.M. Anartayeva
TOWARDS EFFICIENT BIG DATA ANALYTICS IN REGIONAL SYSTEMS: PRACTICAL INSIGHTS FROM HYBRID ARCHITECTURE DEPLOYMENT.....109

A. Ismailova, G. Yessenbayeva, K. Kadyrkulov, R. Moldasheva, A. Amangeldi
DEVELOPMENT OF A HYBRID DEEP LEARNING MODEL FOR MULTICLASS CLASSIFICATION OF MICROSCOPIC IMAGES OF BACTERIA128

G. Kalman, J. Kultan, A.N. Ismukamova, N.M. Ausilova, Y.V. Makhatova
A DOMAIN-KNOWLEDGE-BASED MODEL FOR REFERENCE RESOLUTION IN LOW-RESOURCE LANGUAGES141

Y. Kamen, Zh. Yessendauletova, L. Fazylova, M. Rakhimzhanova, A.M. Nedzved
USING NEURAL NETWORKS FOR OBJECTIVE ASSESSMENT OF ATTENTION IN CHILDREN BASED ON EEG DATA158

A.Ye. Kulakayeva, Ye.A. Bakhtiyarova, G.T. Jakanova, Sh. Nursultan
COMPARATIVE ANALYSIS OF VARIOUS RADIO WAVE PROPAGATION MODELS FOR MOBILE NETWORK COVERAGE PREDICTION173

M.B. Nurpeissova, Sh.K. Aitkazinova, A.M. Abenov, N.S. Donenbayeva
METHODOLOGY FOR TRANSFORMING SATELLITE COORDINATES INTO A TOPOCENTRIC RECTANGULAR COORDINATE SYSTEM189

A. Ospanov, P. Alonso-Jordá, A. Zhumadillayeva
BLOCKCHAIN-ENABLED ERP WAREHOUSE INTEGRATION WITH IOT DIMENSIONERS AND MACHINE LEARNING-OPTIMIZED DIMENSIONAL WEIGHT RECONCILIATION202

A.A. Sakhypov, R.B. Seitbek
EVENT-DRIVEN MICROSERVICES FOR INCIDENT DETECTION AND RESPONSE IN INTELLIGENT TRAFFIC SYSTEM218

G. Yusupova, K.S. Shadinova, D. Ussipbekova, Zh.Zh. Azhibekova, P. Schmidt
DETERMINATION OF SOIL PROFILE STRATIFICATION AT 0–200 CM DEPTH USING A MULTILEVEL STACKING MODEL231

INFORMATION SECURITY AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

S.A. Adilzhanova, M.Zh. Sakypbekova, L.Sh. Cherikbaeva, G.A. Tyulepberdinova, G.T. Zhubanysheva SYSTEMATIC ANALYSIS OF RISK ASSESSMENT METHODS AND MODELS IN INFORMATION SECURITY.....	244
T. K. Zhukabayeva, D.B. Baumuratova, E. Benkhelifa, N.A. Niyetbayeva EDGE COMPUTING-BASED TECHNIQUE FOR CONSTRUCTION OF ATTACK DETECTION MEANS IN CYBER-PHYSICAL SYSTEMS OF INDUSTRIAL INTERNET-OF-THINGS	270
N.E. Karabayev, S.K. Serikbayeva, Y.M. Mardenov, B. Tassuov, M. Fajkus DETECTION OF CYBER ATTACKS IN TRANSPORT NETWORKS BASED ON MACHINE LEARNING METHODS	292
V.A. Kumalakov, A.O. Dargulova A HYBRID FRAMEWORK FOR RESUME-JOB MATCHING SYSTEM	311
V. Makhatova, B. Dzhugembayeva, A. Gabdulova, L. Nurgaliyeva, A. Abdigaliyeva MATHEMATICAL MODEL FOR OPTIMAL SENSOR SELECTION IN SIEM SYSTEMS USING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS	326

МАЗМҰНЫ

ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ДАМУДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

А.Б. Жалғас, Е.Н. Калпаков, Б.Е. Амиргалиев АҚЫЛДЫ ҚАЛАЛАРДАҒЫ ЛОГИСТИКАНЫ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУҒА НЕГІЗДЕЛГЕН ОҢТАЙЛАНДЫРУ: АСТАНАНЫҢ ЖАҒДАЙЫН ЗЕРТТЕУ.....	9
Л.Курманғазиева, Ш. Қоданова, М. Уразғалиева, О. Findik, С. Искакова ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ПЕН АЙҚЫН ЕМЕС ЛОГИКАНЫ БІРІКТІРУ АРҚЫЛЫ БИЗНЕС-ПРОЦЕСТЕРДІ АВТОМАТТАНДЫРУ ШЕШІМДЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ	24
Е. Майлыбаев, У. Адилбаева, Р. Аманова ҰЙЫМДАСТЫРЫЛҒАН ОНЛАЙН САУАЛНАМА АРҚЫЛЫ БІЛІМ БЕРУ ПРОЦЕСІНЕ ҚАТЫСУШЫЛАРДЫҢ ПІКІРЛЕРІН ЖИНАУ ЖӘНЕ НӘТИЖЕЛЕРІН МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ДЕЛЬФИ ӘДІСІ НЕГІЗІНДЕ ТАЛДАУ	46
В.А. Такижанов, А.Ж. Ибрагимов, А. Шалахметов МОДЕЛЬДЕУ НЕГІЗІНДЕ АСТАНАНЫҢ АВТОБУС ЖЕЛІСІНІҢ ТҮРАҚТЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ: КЕЗДЕЙСОҚ ЖӘНЕ МАҚСАТТЫ ІСТЕН ШЫҒУЛАР ЖАҒДАЙЫНДА	61

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

М.Ж. Айтимов, Г.К. Муратова, Ж.К. Бисенбаева, И.М. Бапиев, М. Кассим ОНТОЛОГИЯ ЖӘНЕ ІЗДЕУ МЕХАНИЗМДЕРІ АРҚЫЛЫ ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ ЭКСТРАКЦИЯЛЫҚ ҚАДАҒЫ СЕМАНТИКАЛЫҚ ТОЛЫҚТЫҚ	76
О.Н. Ақылбеков, Е.Т. Даулетбек, А.Н. Молдагулова, Г.С. Закария, Д.А. Гура ҚАЗАҚСТАННЫҢ АУМАҚТЫҚ ЖОСПАРЛАУЫНДАҒЫ ҮШ ӨЛШЕМДІ КЕҢІСТІКТІК МӨЛІМЕТТЕРДІ ТАЛДАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІ	89
С.Ж. Алиасқаров, Р.К. Ускенбаева, А. Разак, А.Б. Қасымов, А.М. Анартаева АЙМАҚТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ ҮЛКЕН ДЕРЕКТЕРДІ ТИІМДІ ТАЛДАУҒА ҚАРАЙ: ГИБРИДТІ АРХИТЕКТУРАНЫ ЕНГІЗУДІҢ ПРАКТИКАЛЫҚ ТҮСІНІКТЕР.....	109
А.А. Исмаилова, Г.Р. Есенбаева, Қ.К. Кадиркулов, Р.Н. Молдашева, А. Амангелді РОСКОПИЯЛЫҚ БЕЙНЕЛЕРІН КӨПКЛАССТЫ ЖІКТЕУГЕ АРНАЛҒАН ГИБРИДТІ ТЕРЕҢ ОҚЫТУ МОДЕЛІН ӘЗІРЛЕУ	128
Г. Қалман, К. Ярослав, А.Н. Исмуканова, Н.М. Аусилова, В.Е. Махатова ПӨНДІК САЛА БІЛІМ НЕГІЗІНДЕ РЕУСРСТАРЫ АЗ ТІЛДЕРДЕГІ РЕФЕРЕНЦИЯНЫ ШЕШУДІҢ МОДЕЛІ.....	141
Е.Г. Кәмен, Ж.Т. Есендаулетова, Л.С. Фазылова, М.Б. Рахимжанова, А.М. Недзьведь ЭЭГ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША БАЛАЛАРДЫҢ ЗЕЙІНІН ОБЪЕКТИВТІ БАҒАЛАУ ҮШІН НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІЛЕРДІ ҚОЛДАНУ	158
А.Е. Кулакаева, Е.А. Бахтиярова, Г.Т. Джаканова, Ш. Нурсултан ҰЯЛЫ БАЙЛАНЫС ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ҚАМТУ АЙМАҒЫН БОЛЖАУҒА АРНАЛҒАН ӨРТҮРЛІ РАДИОТОЛҚЫН ТАРАЛУ МОДЕЛЬДЕРІНІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУЫ	173

М.Б. Нұрпейісова, Ш.Қ. Айтқазынова, А.М. Абенов, Н.С. Дөненбаева
СПУТНИКТИК КООРДИНАТТАРДЫ ТОПОЦЕНТРЛІК ТІК БҰРЫШТЫ КООРДИНАТТАР ЖҮЙЕСІНЕ ТҮРЛЕНДІРУДІҢ ӘДІСТЕМЕСІ189

А. Оспанов, П. Алонсо-Хорда, А. Жұмаділлаева
БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИЯСЫМЕН ЫҚПАЛДАС ERP ҚОЙМА ЖҮЙЕСІН ІОТ ДИМЕНСИОНЕРЛЕР ЖӘНЕ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АРҚЫЛЫ ОПТИМИЗАЦИЯЛАНҒАН ӨЛШЕМДІ САЛМАҚ ЕСЕПТЕУМЕН ИНТЕГРАЦИЯЛАУ202

А.А. Сахипов, Р.Б. Сейітбек
ОҚИҒАҒА БАҒДАРЛАНҒАН МИКРОҚЫЗМЕТТЕР ЖҮЙЕСІ АРҚЫЛЫ АҚЫЛДЫ ТРАФИК ЖҮЙЕЛЕРІНДЕ ОҚИҒАЛАРДЫ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ ШАРАЛАР ҚОЛДАНУ218

Г.М. Юсупова, К.С. Шадинова, Д.И. Усипбекова, Ж.Ж. Ажибекова, Р. Schmidt
ТОПЫРАҚ ПРОФИЛІНІҢ 0–200 СМ ТЕРЕҢДІКТЕГІ СТРАТИФИКАЦИЯСЫН КӨПДЕҢГЕЙЛІ СТЕКИНГ-МОДЕЛІМЕН АНЫҚТАУ.....231

АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН

С.А. Адилжанова, М.Ж. Сақыпбекова, Л.Ш. Черикбаева, Г.А. Тюлепбердинова, Г.Т. Жубанышева
АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІКТЕ ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАҒАЛАУ ӘДІСТЕРІ МЕН МОДЕЛЬДЕРІН ЖҮЙЕЛІ ТАЛДАУ.....244

Т.К. Жукабаева, Д. Б. Баумуратова, Е. Бенкхелифа, Н.А. Ниегбаева
ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕПТЕУЛЕРДІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ЗАТТАРДЫҢ ӨНЕРКӘСІПТІК ИНТЕРНЕТІНІҢ КИБЕРФИЗИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ ШАБУЫЛДАРДЫ АНЫҚТАУ ҚҰРАЛДАРЫН ҚҰРУ ӘДІСТЕМЕСІ.....270

Н.Е. Қарабаев, С.К. Серикбаева, Е.М. Марденов, Б. Тасуов, М. Файкус
МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН КӨЛІК ЖЕЛІЛЕРІНДЕГІ КИБЕРШАБУЫЛДАРДЫ АНЫҚТАУ292

Б.А. Кумалаков, А.О. Даргулова
ТҮЙІНДЕМЕЛЕР МЕН ВАКАНСИЯЛАРДЫ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН СӘЙКЕСТЕНДІРУГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ГИБРИДТІ ҮМІТКЕРЛЕРДІ ІРІКТЕУ ЖҮЙЕСІ311

В. Махатова, Б. Джугембаева, А. Габдулова, Л. Нурғалиева, А. Абдигалиева
ИЕРАРХИЯЛАРДЫ ТАЛДАУ ӘДІСІ НЕГІЗІНДЕ SIEM ЖҮЙЕЛЕРІНДЕ ОҢТАЙЛЫ СЕНСОРДЫ ТАҢДАУДЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ326

СОДЕРЖАНИЕ

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВИТИИ СОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.Б. Жалғас, Е.Н. Калпаков, Б.Е. Амиргалиев
ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИКИ В УМНЫХ ГОРОДАХ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ: НА ПРИМЕРЕ АСТАНЫ9

Л. Курмангазиева, Ш. Коданова, М. Уразғалиева, О. Финдик, С. Исакова
ИНТЕГРАЦИЯ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕШЕНИЙ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ24

Е. Майлыбаев, У. Адилбаева, Р. Аманова
СБОР МНЕНИЙ УЧАСТНИКОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПОСРЕДСТВОМ ОРГАНИЗОВАННОГО ОНЛАЙН-АНКЕТИРОВАНИЯ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА ДЕЛЬФИ46

В.А. Такижанов, А.Ж. Ибрагимов, А. Шалахметов
ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ АВТОБУСНОЙ СЕТИ АСТАНЫ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ СЛУЧАЙНЫХ И ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННЫХ ОТКАЗАХ61

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

М.Ж. Айтимов, Г.К. Муратова, Ж.К. Бисенбаева, И.М. Бапиев, М. Кассим
СЕМАНТИЧЕСКАЯ ПОЛНОТА В КАЗАХСКОЯЗЫЧНОМ EXTRACTIVE QA ЧЕРЕЗ ОНТОЛОГИЮ И RETRIEVAL-МЕХАНИЗМЫ76

О.Н. Акылбеков, Е.Т. Даулетбек, А.Н. Молдагулова, Г.С. Закария, Д.А. Гура МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ТРЁХМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ ПЛАНИРОВАНИИ КАЗАХСТАНА	89
С.Ж. Алиаскаров, Р.К. Ускенбаева, А. Разак, А.Б. Касымова, А.М. Анартаева НА ПУТИ К ЭФФЕКТИВНОЙ АНАЛИТИКЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ: ПРАКТИЧЕСКИЕ ВЫВОДЫ ИЗ ВНЕДРЕНИЯ ГИБРИДНОЙ АРХИТЕКТУРЫ	109
А.А. Исмаилова, Г.Р. Есенбаева, К.К. Кадиркулов, Р.Н. Молдашева, А. Амангелды РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ МОДЕЛИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ МНОГОКЛАССОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ БАКТЕРИЙ	128
Г. Калман, К. Ярослав, А.Н. Исмуканова, Н.М. Аусилова, В.Е. Махатова МОДЕЛЬ НА ОСНОВЕ ЗНАНИЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ РАЗРЕШЕНИЯ КОРЕФЕРЕНЦИИ В МАЛОРЕСУРСНЫХ ЯЗЫКАХ	141
Е.Г. Камен, Ж.Т. Есендаулетова, Л.С. Фазылова, М.Б. Рахимжанова, А.М. Недзьведь ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ ВНИМАНИЯ У ДЕТЕЙ ПО ДАННЫМ ЭЭГ	158
А.Е. Кулакаева, Е.А. Бахтиярова, Г.Т. Джаканова, Ш. Нурсултан СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЯ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ	173
М.Б. Нурпенсова, Ш.К. Айтказинова, А.М. Абеннов, Н.С. Доненбаева МЕТОДИКА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ КООРДИНАТ В ТОПОЦЕНТРИЧЕСКУЮ ПРЯМОУГОЛЬНУЮ СИСТЕМУ КООРДИНАТ	189
А. Оспанов, П. Алонсо-Хорда, А. Жумадиллаева ИНТЕГРАЦИЯ СКЛАДСКИХ МОДУЛЕЙ ERP-СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛОКЧЕЙНА, IOT-ДИМЕНСИОНЕРОВ И ОПТИМИЗИРОВАННОГО МАШИНЫМ ОБУЧЕНИЕМ РАСЧЁТА ГАБАРИТНО-ГО ВЕСА	202
А.А. Сахипов, Р.Б. Сейитбек СОБЫТИЯ-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МИКРОСЕРВИСЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И РЕАГИРОВАНИЯ НА ИНЦИДЕНТЫ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ	218
Г.М. Юсупова, К.С. Шадинова, Д.И. Усипбекова, Ж.Ж. Ажибекова, П. Шмидт ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРАТИФИКАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ НА ГЛУБИНЕ 0–200 СМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ МНОГОУРОВНЕВОГО НАЛОЖЕНИЯ	231

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

С.А. Адилжанова, М.Ж. Сакыпбекова, Л.Ш. Черикбаева, Г.А. Тюлепбердинова, Г.Т. Жубанышева СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	244
Т.К. Жукабаева, Д.Б. Баумуратова, Е. Бенкхелифа, Н.А. Ниетбаева МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ АТАК В КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАНИЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ	270
Н.Е. Карабаев, С.К. Серикбаева, Е.М. Марденов, Б. Тасуов, М. Файкус ОБНАРУЖЕНИЕ КИБЕРАТАК В ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЯХ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	292
Б.А. Кумалаков, А.О. Даргулова ГИБРИДНЫЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ ПОДБОРУ КАНДИДАТОВ НА ОСНОВЕ СОПОСТАВЛЕНИЯ РЕЗЮМЕ И ВАКАНСИЙ	311
В. Махатова, Б. Джугембаева, А. Габдулова, Л. Нургалиева, А. Абдигалиева МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО СЕНСОРА В SIEM-СИСТЕМАХ СРЕДСТВАМИ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ	326

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 7. Is.1. Number 25 (2026). Pp. 202–217

Journal homepage: <https://journal.iitu.edu.kz><https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.25.1.013>

УДК / UDC 004.896

FTAXP / MPHTI / IRSTI 28.23.25

BLOCKCHAIN-ENABLED ERP WAREHOUSE INTEGRATION WITH IOT DIMENSIONERS AND MACHINE LEARNING–OPTIMIZED DIMENSIONAL WEIGHT RECONCILIATION

A. Ospanov^{*1, 2}, *P. Alonso-Jordá*³, *A. Zhumadillayeva*²

¹Astana IT University, Astana, Kazakhstan;

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

³Universitat Politècnica de València, Camino de Vera, Valencia, Spain.

E-mail: a.ospanov@astanait.edu.kz

Ospanov A. — senior-lecturer, School of Computer Engineering, Astana IT University; PhD student, Department of Computer and Software Engineering, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: a.ospanov@astanait.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0004-3834-130X>;

Alonso-Jordá P. — PhD, Professor, Department of Computer Systems and Computation, School of Informatics, Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain

<https://orcid.org/0000-0002-6882-6592>;

Zhumadillayeva A. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Computer and Software Engineering, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0003-1042-0415>.

© A. Ospanov, P. Alonso-Jorda, A.Zh. Zhumadillayeva

Abstract. Small and medium-sized enterprises (SMEs) increasingly rely on ERP-integrated warehouse management systems, yet persistent inconsistencies in dimensional-weight calculation, tariff application, and dispute handling continue to generate avoidable freight costs and auditability gaps. This study presents a blockchain-enabled ERP warehouse integration prototype that combines IoT-based dimension capture, a machine-learning point-regression service for dimensional-weight reconciliation, and a permissioned audit layer for traceability-oriented workflows. The implemented prototype links a Node.js ERP/WMS bridge, a synthetic-data XGBoost model using the input fields L, W, H, and DF, and a stub-integrated Hyperledger Fabric service for measurement, tariff, and dispute events. To improve methodological clarity, the paper formalizes the decision layer, defines Freight Cost (c), Risk (c), and Space Penalty (c) as deployment-level analytical terms, and reports released training parameters and



measured rerun evidence separately from configured scenario indicators. The measured rerun confirms that the learning pipeline is reproducible on the synthetic dataset, while the scenario package illustrates system-level trade-offs among latency, throughput, dispute rate, cost per item, and recovery time. The contribution is strongest at the level of ERP/WMS integration architecture, prototype specification, and auditability-oriented workflow design for dimensional-weight reconciliation in warehouse operations.

Keywords: machine learning, Blockchain, ERP systems, warehouse management, dimensional weight

For citation: A. Ospanov, P. Alonso-Jordá, A. Zh. Zhumadillayeva (2026). Blockchain-enabled erp warehouse integration with iot dimensioners and machine learning—optimized dimensional weight reconciliation // International journal of information and communication technologies. Vol. 7. No. 25. Pp. 202–217. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.25.1.013>. (In Eng.).

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

БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИЯСЫМЕН ЫҚПАЛДАС ERP ҚОЙМА ЖҮЙЕСІН ІОТ ДИМЕНСИОНЕРЛЕР ЖӘНЕ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АРҚЫЛЫ ОПТИМИЗАЦИЯЛАНҒАН ӨЛШЕМДІ САЛМАҚ ЕСЕПТЕУМЕН ИНТЕГРАЦИЯЛАУ

*А. Оспанов^{*1, 2}, П. Алонсо-Хорда³, А. Жұмаділлаева²*

¹Астана ІТ Университеті, Астана, Қазақстан;

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

³Валенсия Политехникалық Университеті, Камино де Вера, Валенсия, Испания.

E-mail: a.ospanov@astanait.edu.kz

Оспанов А. — аға оқытушы, Компьютерлік инженерия мектебі, Астана ІТ Университеті, PhD докторанты, Компьютерлік және бағдарламалық қамтамасыз ету инженериясы кафедрасы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

E-mail: a.ospanov@astanait.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0004-3834-130X>;

Алонсо-Хорда П. — профессор, PhD, Компьютерлік жүйелер және есептеу кафедрасы, Информатика мектебі, Валенсия Политехникалық Университеті, Валенсия, Испания

<https://orcid.org/0000-0002-6882-6592>;

Жұмаділлаева А. — техникалық ғылымдар кандидаты, доцент, Компьютерлік және бағдарламалық қамтамасыз ету инженериясы кафедрасы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0003-1042-0415>.

© А. Оспанов, П. Алонсо-Хорда, А.Ж. Жұмаділлаева

Аннотация. Шағын және орта кәсіпорындар (ШОК) ERP-пен ықпалдасқан



қойма менеджменті жүйелеріне көбірек сүйенеді, алайда өлшемді салмақты есептеу, тарифтерді қолдану және дауларды өңдеу салаларындағы тұрақты сәйкессіздіктер қосымша тасымал шығындары мен аудиттілік тәуекелдерін туындатады. Зерттеуде IoT-негізіндегі өлшемдерді тіркеуді, өлшемді салмақты салыстыруға арналған машиналық оқыту сервисін және қадағаланатын жұмыс үдерістеріне арналған blockchain-аудит қабатын біріктіретін blockchain-қолдауы бар ERP қойма интеграциясының прототипі ұсынылады. Іске асырылған прототип Node.js негізіндегі ERP/WMS көпірін, L, W, H және DF өрістерін пайдаланатын синтетикалық деректердегі XGBoost моделін және өлшемдер, тарифтер мен даулар оқиғаларын тіркейтін stub-интеграцияланған Hyperledger Fabric қызметін қамтиды. Әдіснамалық айқындық үшін мақалада шешім қабылдау қабаты формалданып, FreightCost(c), Risk(c) және SpacePenalty(c) ұғымдары deployment-деңгейіндегі аналитикалық терминдер ретінде анықталады, ал оқыту параметрлері мен қайта іске қосылған өлшенген нәтижелер бапталған сценарийлік көрсеткіштерден бөлек беріледі. Өлшенген регион нәтижелері оқыту конвейерінің синтетикалық деректер жиынында қайта өндірілетінін көрсетеді, ал сценарий пакеті кідіріс, өткізу қабілеті, даулар үлесі, бірлік құны және қалпына келтіру уақыты арасындағы жүйелік айырбастарды иллюстрациялайды. Зерттеудің негізгі үлесі ERP/WMS интеграциясы архитектурасын, прототип спецификациясын және қойма операцияларындағы өлшемді салмақты салыстыруға арналған аудиттілікке бағытталған жұмыс үдерісін ұсынуда.

Түйін сөздер: машиналық оқыту, блокчейн, ERP жүйелері, қойма менеджменті, өлшемді салмақ

Дәйексөз үшін: А. Оспанов, П. Алонсо-Хорда, А.Ж. Жұмадиллаева (2026). Блокчейн-технологиясымен ықпалдас ерп қойма жүйесін іот дименционерлер және машиналық оқыту арқылы оптимизацияланған өлшемді салмақ есептеумен интеграциялау // Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы. Т. 7. № 25. 202–217 бет. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.25.1.013> (Ағыл. тіл.).

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

ИНТЕГРАЦИЯ СКЛАДСКИХ МОДУЛЕЙ ERP-СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛОКЧЕЙНА, ИОТ-ДИМЕНСИОНЕРОВ И ОПТИМИЗИРОВАННОГО МАШИНЫМ ОБУЧЕНИЕМ РАСЧЁТА ГАБАРИТНОГО ВЕСА

А. Оспанов^{1, 2}, П. Алонсо-Хорда³, А. Жұмадиллаева²*

¹Астана ІТ Университет, Астана, Қазақстан;

²Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилёва, Астана, Қазақстан;

³Политехнический университет Валенсии, 46022, Камино де Вера, Испания,

Валенсия. E-mail: a.ospanov@astanait.edu.kz



Оспанов А. — старший преподаватель, Школа компьютерной инженерии, Астана ИТ Университет; PhD-докторант, кафедра компьютерной и программной инженерии, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилёва, Астана, Казахстан

E-mail: a.ospanov@astanait.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0004-3834-130X>;

Алонсо-Хорда П. — профессор, PhD, кафедра компьютерных систем и вычислений, Школа информатики, Политехнический университет Валенсии, Валенсия, Испания <https://orcid.org/0000-0002-6882-6592>;

Жумадилаева А. — кандидат технических наук, доцент, кафедра компьютерной и программной инженерии, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилёва, Астана, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-1042-0415>.

© А. Оспанов, П. Алонсо-Хорда, А.Ж. Жумадилаева

Аннотация. Малые и средние предприятия (МСП) всё чаще опираются на интегрированные с ERP системы управления складом, однако устойчивые несоответствия при расчёте габаритного веса, применении тарифов и обработке споров по-прежнему приводят к лишним транспортным затратам и пробелам в аудируемости. В статье представлен прототип blockchain-поддерживаемой интеграции ERP-склада, сочетающий IoT-регистрацию размеров, сервис машинного обучения для согласования габаритного веса и разрешённый аудиторский слой для трассируемых рабочих процессов. Реализованный прототип объединяет мост ERP/WMS на Node.js, XGBoost-модель на синтетических данных с входами L, W, H и DF, а также stub-интегрированный сервис Hyperledger Fabric для регистрации измерений, тарифов и событий споров. Для повышения методологической ясности в статье формализован слой принятия решений, а функции Freight Cost (c), Risk (c) и Space Penalty (c) заданы как аналитические термины уровня развёртывания; параметры обучения и результаты контрольного повторного запуска отделены от настроечных сценарных индикаторов. Повторный запуск подтверждает воспроизводимость обучающего конвейера на синтетическом наборе данных, тогда как сценарный пакет иллюстрирует системные компромиссы между задержкой, пропускной способностью, долей споров, стоимостью на единицу и временем восстановления. Основной вклад работы состоит в архитектуре ERP/WMS-интеграции, спецификации прототипа и проектировании аудируемого рабочего процесса для согласования габаритного веса в складских операциях.

Ключевые слова: машинное обучение, блокчейн, ERP-системы, управление складом, габаритный вес

Для цитирования: А. Оспанов, П. Алонсо-Хорда, А.Ж. Жумадилаева (2026). Интеграция складских модулей еgr-систем с использованием блокчейна, iot-дизайнеров и оптимизированного машинным обучением расчёта габаритного веса // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. Т. 7. №. 25. Стр. 202–217. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.25.1.013>.

(In Eng.).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Introduction.

Enterprise resource planning (ERP) and warehouse management system (WMS) integrations operate at the point where physical measurement, tariff logic, and accountability requirements meet. In everyday warehouse practice, inconsistencies between device readings, tariff rules, and operator decisions can create avoidable freight leakage, delayed reconciliation, and repeated billing disputes.

Blockchain-oriented logistics research has shown that immutable logs and contract-based workflows can strengthen provenance and governance, while warehouse analytics studies have explored dimensional-weight calculation, measurement capture, and operational decision support. Even so, these strands are often treated separately, leaving a practical gap between warehouse measurement, ERP execution, and auditable dispute handling.

This study addresses the gap by proposing a blockchain-enabled ERP warehouse integration prototype that combines IoT-based dimension capture, a machine-learning point-regression service for dimensional-weight reconciliation, and a blockchain-oriented audit layer. The emphasis is on executable integration: how warehouse measurements, tariff application, and dispute workflows can be linked in a reproducible prototype suitable for SME-oriented deployment scenarios.

The contribution is threefold. First, the study specifies an ERP/WMS integration architecture that links measurement capture, tariff application, and dispute workflows to an auditable ledger service. Second, it formalizes the implemented learning pipeline and the associated decision layer, including explicit definitions for Freight Cost (c), Risk (c), and Space Penalty (c). Third, it reconciles measured rerun evidence with configured scenario outputs so that tables, figures, and conclusions refer to the same documented evidence hierarchy.

Literature Review

As research on blockchain-enabled ERP systems and their warehouse management modules has expanded, the literature reflects diverse emphases ranging from traceability and quality assurance to ERP integration and warehouse automation.

(Korapati, 2025) and (Moalagh and Ghadi, 2022) emphasize blockchain's capacity to embed immutability, compliance, and smart contracts within ERP workflows, thereby enhancing the reliability and automation of enterprise processes. Extending this perspective, (Imane et al., 2024) proposed a structured pre-implementation framework that underscores the importance of consortium-based adoption and resource alignment to ensure effective integration. Complementing these theoretical contributions, (Ilochonwu, 2024) and (Teodorescu et al., 2021) provide case-based analyses that illustrate both the opportunities of blockchain adoption—such as improved traceability and transparency—and the barriers, including organizational resistance to change, persistent interoperability

challenges, and regional variation in state support and IT competencies.

(Korkusuz et al., 2024) proposed a Quality 4.0 warehouse model that integrates process quality metrics with immutable blockchain records, thereby strengthening accountability and ensuring data integrity across warehouse operations. Building on transactional efficiency, Xu and Lee (2024) designed a blockchain-based warehouse sharing mechanism that employs Bayesian algorithms to optimize allocation, though their findings indicate persistent scalability concerns. Addressing system-level transparency, Hande and Chandak (2024) incorporate blockchain into warehouse management systems (WMS) to enhance auditability, while also identifying performance bottlenecks that limit operational throughput. Extending these approaches, (Tufano et al., 2024) explored machine learning-enhanced digital twins for optimizing warehouse operations, demonstrating the potential of simulation-driven decision support, though without integrating blockchain-based provenance mechanisms. Further, Ospanov and Zhumadillayeva (2025) combined IoT sensors and machine learning to enable intelligent warehouse monitoring and predictive oversight. In this respect, the warehouse-focused studies by (Jararweh et al., 2025) and Hande and Chandak (2024) are particularly useful because they tie dimensional-weight and reconciliation issues to operational system design. (Jararweh et al., 2025) propose dimensional weight algorithms that reduce freight cost variance, though their models do not incorporate blockchain-based auditability.

(Rahman et al., 2025) and (Kramer et al., 2021) demonstrate blockchain's effectiveness in enhancing traceability for perishable goods, showing how immutable records reduce waste and strengthen accountability across agri-food supply chains. (Kramer et al., 2021) further emphasize blockchain's role in improving vertical coordination within agri-food networks, highlighting its potential to align stakeholders and streamline information flows.

Beyond the security risks noted in the ERP-integration literature, (Butt et al., 2025) and Moalagh and (Ghadi et al., 2022) identify persistent barriers to blockchain adoption at the institutional level, particularly in relation to scalability, privacy, and regulatory compliance, underscoring the tension between technological potential and organizational constraints. Extending this discussion, (Xu and Lee et al., 2024) and (Aleksieva et al., 2024) examine logistics transaction models that leverage blockchain for operational efficiency, yet their approaches remain limited by the absence of validated key performance indicators (KPIs). From a methodological perspective, (Seelaboyina et al., 2025) provide a bibliometric mapping of blockchain research in logistics and supply chain management, revealing fragmented approaches and a lack of unified frameworks.

The bibliography thus establishes the relevance of blockchain-ERP integration, warehouse traceability, and enterprise workflow governance, but the gap addressed in this paper is more specific than broad claims about algorithmic novelty. The most relevant prior studies are those that connect implementation concerns measurement reconciliation, tariff handling, auditability, and enterprise integration rather than those that report standalone optimization gains detached from deployable workflow constraints. Together, these strands of work—governance and interoperability challenges from ERP-

blockchain integration, measurement and reconciliation concerns from warehouse-focused studies, and traceability demands from supply chain applications—motivate an integration-oriented contribution: not a new learning algorithm, but a reproducible artifact that makes the interaction among measurement, estimation, tariff application, and audit logging explicit.

A second point emerging from the surveyed literature is methodological opacity. Many papers discuss integration architectures or optimization benefits at a high level, yet provide limited information about runnable artifacts, scenario definitions, model training details, or result provenance. For applied ERP and warehouse research, this gap matters because practical value depends not only on conceptual soundness but also on whether the workflow can be inspected, rerun, and bounded appropriately.

The present study is positioned in that reproducibility-oriented space. Related work by Ospanov and Zhumadillayeva (2025) on IoT- and ML-enabled warehouse monitoring, and by Ospanov, (Alonso-Jordá et al., 2025) on ERP modernization through emerging technologies, helps frame the current prototype as part of a broader enterprise-systems agenda. Hybrid optimization studies by Ospanov, (Alonso-Jordá et al., 2025) further highlight synergies between ERP and ML systems, yet these remain disconnected from blockchain provenance frameworks. Here, however, the emphasis is deliberately narrower: a recoverable prototype for warehouse measurement reconciliation, documented with explicit evidence boundaries.

Materials and Methods

Through the reviewed studies, blockchain technology is consistently associated with traceability, compliance, and transparency, while ERP-integration research emphasizes governance structures and decision-support workflows. Research on warehouse management likewise highlights auditability and quality assurance, yet key cost drivers such as dimensional-weight reconciliation and freight-billing control remain comparatively underexplored despite their operational significance.

Collectively, the literature shows sustained interest in blockchain for supply-chain transparency, ERP integration, and warehouse monitoring, but several gaps remain. Empirical validation with warehouse-specific key performance indicators (KPIs) is still limited; few studies explicitly address freight-cost reconciliation or dimensional-weight decision support; and hybrid architectures tailored to the needs of small and medium-sized enterprises remain underdeveloped. In particular, the joint treatment of IoT-enabled dimension capture, ML-supported dimensional-weight estimation, and blockchain provenance has rarely been documented through a reproducible ERP-integrated prototype.

To address these gaps, the present study combines three methodological layers: (i) an ERP/WMS bridge for measurement, tariff, and dispute events; (ii) a synthetic-data XGBoost regression service that supports dimensional-weight reconciliation; and (iii) a blockchain-oriented audit layer that records workflow events for traceability and governance.

The following sections describe the implemented architecture, the formal decision

model, the synthetic-data generation process, the XGBoost training configuration, and the evidence package used to separate measured rerun results from deterministic scenario-analysis outputs.

System Architecture and Workflow

Figure 1 shows the implemented system boundary recovered from the repository. The runtime architecture consists of: (i) a Node.js ERP/WMS bridge exposing warehouse, tariff, and dispute endpoints; (ii) an XGBoost-based point predictor with a deterministic fallback rule; (iii) a deterministic Fabric stub service used by the backend to persist measurements, tariff policies, and disputes during prototype execution; (iv) a Go chaincode prototype retained as the blockchain contract source; and (v) CSV-based artifact files for synthetic data and scenario outputs.

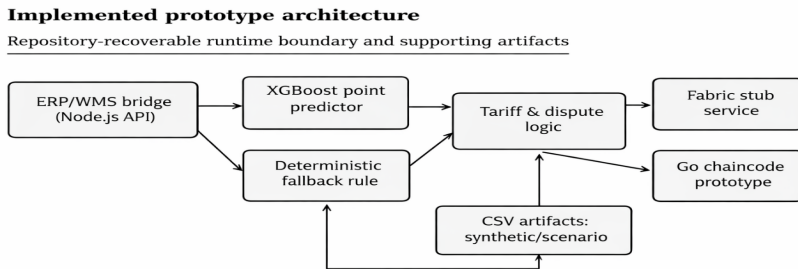


Fig. 1. Implemented prototype architecture. The runtime backend uses a deterministic Fabric stub for auditability-oriented workflows, while the manuscript analysis relies on CSV-based illustrative scenario files rather than production blockchain benchmarks.

Figure 2 summarizes the operational workflow. Item data enter through the ERP/WMS bridge. The learning service returns a point estimate \hat{y} with explicit prediction metadata. The backend then records the event, applies tariff or dispute logic, and exposes the resulting state through the API. The present artifact therefore demonstrates workflow integration and traceability, not autonomous optimization or independent blockchain performance benchmarking.

Implemented workflow in the released prototype

Traceable operational flow rather than autonomous optimization benchmark

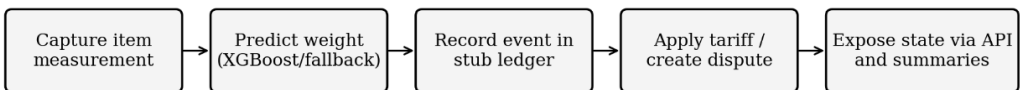


Fig. 2. Implemented workflow in the released prototype. The predictor provides a point estimate; tariff calculation and dispute handling are recorded through the stub-integrated ledger service.

Formal Models and Implemented Method Specification

Notation and Recoverable Variables

Table 1 defines the symbols used in the implemented prototype. A key correction is that the dataset field DF in the repository is a synthetic density factor, not a carrier dimensional divisor. The earlier manuscript conflated these concepts, which contributed to unsupported dimensional-weight formalism.

Table 1 – Symbols used in the implemented prototype.

Symbol / field	Meaning in the released artifact
L, W, H	Length, width, and height captured per item (cm)
d_f / DF	Synthetic density factor used by the data generator (unitless)
V	Item volume, computed as $L \times W \times H$ (cubic centimeters)
y / optimal_weight	Synthetic target weight generated for supervision (g)
\hat{y}	Point prediction returned by the XGBoost model or fallback rule (g)
S	Scenario set: baseline A, baseline B, proposed
L_rec	Reconciliation latency recorded in the scenario files (s)
T	Throughput recorded in the scenario files (decisions/s)
E_MAE	Configured kilogram-level MAE field in the scenario summary file; distinct from the measured rerun MAE summarized in Table 2.
C_item	Cost per item reported in the summary file (\$)
D	Dispute rate reported in the summary file (%)
R_rec	Recovery time reported in the summary file (min)
DW_i	Carrier-style dimensional weight derived from volumetric rules and tariff rounding (conceptual deployment variable).
Δ_i	Operator- or policy-selected guard-band around the point estimate (conceptual deployment variable).
C_i	Candidate decision set for deployment-level choice among dimensional and predicted weights.
J_i(c)	Deployment-level decision objective combining tariff cost, risk, and space penalty.
FreightCost_i(c)	Tariff-derived billed transportation cost for candidate c under the active schedule.
Risk_i(c)	Expected penalty of dispute escalation, underbilling, or non-compliance for candidate c.
SpacePenalty_i(c)	Operational penalty associated with inefficient volume usage, slotting, or excess handling.
L_f	Planning-level confirmation latency for a permissioned ledger deployment; not a measured runtime output.

Problem Formulation

The implemented learning task is a supervised regression problem over synthetic warehouse records. For each item, the feature vector is

$$x_i = [L_i, W_i, H_i, d_{f,i}]. \quad (1)$$

where L , W , and H are dimensions in centimeters and d_f is the synthetic density factor stored in the DF column. The item volume is

$$V_i = L_i \times W_i \times H_i. \quad (2)$$

The repository generator uses this volume to construct the target field optimal_weight. In its nominal form, the synthetic target is derived from

$$y_{\text{nominal},i} = 0.85 \times d_{f,i} \times V_i. \quad (3)$$

which yields a weight in grams under the generator's simplifying assumptions. The script then applies bounded perturbations, clipping, and explicit edge-case injections for large or small parcels. Consequently, the target used for training is a synthetic supervision signal rather than a carrier-invoiced ground-truth label.

Deployment-Level Analytical Extension

For operational use, the choice layer can be expressed through a deployment-level analytical extension. Let DW_i denote a tariff-derived dimensional-weight estimate, \hat{w}_i the machine-learning point prediction, and Δ_i a policy guardrail:

$$C_i = \{DW_i, \hat{w}_i, \hat{w}_i \pm \Delta_i\}. \quad (4)$$

For a candidate $c \in C_i$, the deployment-level decision objective combines transportation cost, expected dispute or non-compliance risk, and a warehouse space-utilization penalty:

$$J_i(c) = \text{FreightCost}_i(c) + \lambda \cdot \text{Risk}_i(c) + \mu \cdot \text{SpacePenalty}_i(c). \quad (5)$$

Here $\text{FreightCost}_i(c)$ denotes the billed transportation cost produced by the active tariff and rounding ladder; $\text{Risk}_i(c)$ denotes the expected penalty associated with underbilling, dispute escalation, or policy non-compliance; and $\text{SpacePenalty}_i(c)$ denotes the operational penalty associated with volumetric inefficiency, slotting friction, or avoidable handling overhead. The conceptual deployment decision is therefore

$$c_i^* = \arg \min_{\{c \in C_i\}} J_i(c). \quad (6)$$

The released repository does not benchmark these functions directly. They are retained here to make the decision layer explicit and to define the operational meaning of the previously ambiguous terms $\text{Risk}(c)$, $\text{SpacePenalty}(c)$, and $\text{FreightCost}(c)$ in a deployment-oriented setting.

$$\text{TPS} \approx B/t_b, \quad L_f = t_b \cdot d_{\text{conf}}. \quad (7)$$

where B is block capacity, t_b is block interval, and d_{conf} is the confirmation depth assumed by the governance policy. These planning expressions are analytical aids only; they are not presented as measured outputs of the current artifact.

Synthetic Data Generation

The data generator creates 1,000 synthetic shipment records with the fields id , L , W , H , DF , and optimal_weight . Length, width, and height are sampled from bounded ranges and coupled through a shared base-size variable so that the dimensions are not fully independent. The generator then computes the nominal weight, adds bounded variation, clips implausible values, injects large-item and small-item outliers, perturbs a subset of density factors, shuffles the rows, and writes the results to `synthetic_data.csv`. The revised script fixes the random seed at 42 and makes the generation logic explicit

in the repository.

Learning Model and Training Script

The learning component is implemented as a standard XGBoost point-regression script. The released training configuration specifies feature names [L, W, H, DF], target `optimal_weight`, an 80/20 shuffled split, random seed 42, objective `reg:squarederror`, evaluation metrics `rmse` and `mae`, `num_boost_round` = 50, `max_depth` = 6, `eta` = 0.1, `subsample` = 1.0, and `colsample_bytree` = 1.0.

At runtime, the backend uses the trained model when the artifact is available; otherwise, it falls back to a deterministic volume-density rule and records the prediction source explicitly. This preserves workflow executability even when the Python/XGBoost path is unavailable.

Decision Pipeline

Algorithm 1. Prototype decision pipeline.

- Capture item dimensions and optional measured weight through the ERP/WMS bridge.

- If weight is not supplied, compute a point estimate using the XGBoost model or a deterministic fallback rule.

- Record the measurement event through the stub-integrated blockchain service.

- Apply stored tariff policies using weight-, volume-, or item-based rules.

- Create or update disputes when an operator or auditor flags a discrepancy.

- Aggregate configured scenario indicators from the canonical CSV outputs for manuscript reporting.

Measurement Integrity and Calibration Boundaries

The repository records measurements, timestamps, and dispute events, but it does not contain calibration certificates, drift logs, or secure device-attestation records. Accordingly, calibration is treated as a deployment requirement rather than as an empirically validated property of the current prototype.

Blockchain and Governance Scope

The runtime backend does not benchmark a live multi-organization Fabric deployment. Instead, it uses a deterministic stub service to support item recording, tariff creation, tariff calculation, dispute creation, and dispute resolution workflows. The blockchain-oriented contribution is therefore governance and auditability-oriented rather than a production-scale performance benchmark.

Experimental Results

Measured ML rerun

The released XGBoost workflow was rerun exactly as documented in `optimization/train.py`, the model artifact was regenerated, and the split and parameter metadata persisted in `optimization/model_metadata.json`. Table 2 summarizes the rerun metrics together with a deterministic rule-based comparator recovered from the data generator.

The rerun results show that the XGBoost surrogate is reproducible on the synthetic dataset, but they also reveal an important boundary condition: a deterministic

clamped rule recovered from `generate_expanded_data.py` remains materially stronger than the learned model on the same synthetic labels. This indicates that the present target encodes hand-crafted generator logic more strongly than unknown warehouse behavior.

Across five additional shuffled split seeds, as shown in Figures 3 and 4, XGBoost test MAE averaged 3.85 ± 0.42 g and test RMSE averaged 22.36 ± 4.16 g. These stability checks support reproducibility of the training path on the synthetic dataset, but they should not be interpreted as validation on live warehouse measurements or carrier billing records.

Table 2 – Rerun metrics and rule-based comparator.

Method	Evaluation setting	MAE (g)	RMSE (g)	R ² / note
XGBoost	Seed-42 test split	5.70	30.60	R ² = 0.950
Rule-based comparator	Same test split	0.045	—	Deterministic generator rule
XGBoost	5 extra shuffled seeds	3.85 ± 0.42	22.36 ± 4.16	Mean \pm SD

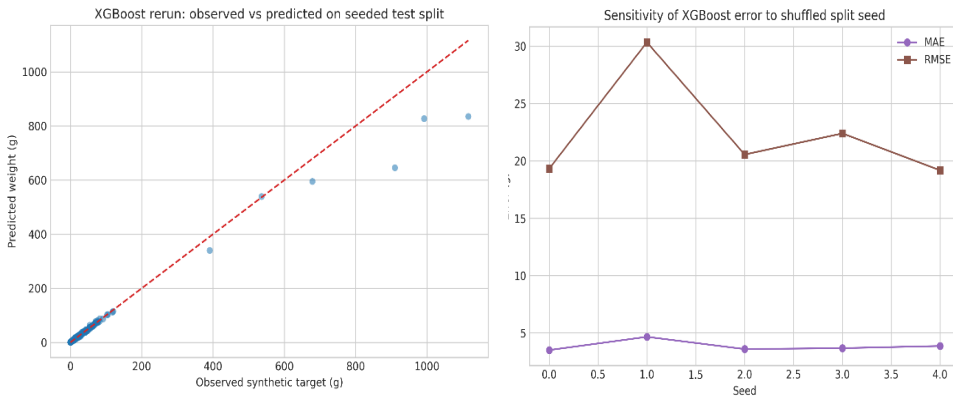


Fig. 3–4. Measured rerun plots: observed versus predicted synthetic-target values on the seeded test split, and test-set MAE/RMSE across five additional shuffled split seeds.

Prototype Execution Trace

Explicit API traces were also captured for both runtime modes exposed by the backend. When the Python environment lacks the XGBoost dependency, the health and optimize endpoints report `source = volume_density_fallback` while keeping the ledger workflow operational. When the backend is launched with an XGBoost-enabled Python runtime, the same endpoints report `source = xgboost_model`. The Jest API suite passed in XGBoost-enabled mode with 13/13 tests covering item capture, optimization, tariffs, disputes, health reporting, and service-unit behavior. These traces strengthen confidence in prototype executability, but they do not change the fact that the blockchain layer remains a deterministic stub and that the measured ML evidence is still synthetic-data evidence rather than warehouse-field validation.

In Figure 5, the traces demonstrate that the ledger workflow remains operational in both modes (stub blockchain service). Panel A compares the health endpoint under fallback and XGBoost-enabled execution modes, showing that the blockchain service remains in stub mode while the prediction source changes from `volume_density_fallback`

to `xgboost_model`. Panel B compares optimize-endpoint outputs for the same sample parcel, illustrating source switching at execution time. This figure documents prototype executability rather than benchmark performance.

Comparison of fallback and XGBoost-enabled backend execution using stored health and optimize traces

Fallback mode		XGBoost-enabled mode	
Health endpoint		Health endpoint	
Overall status:	healthy	Overall status:	healthy
Blockchain mode:	stub	Blockchain mode:	stub
Ledger status:	healthy	Ledger status:	healthy
ML source:	volume_density_fallback	ML source:	xgboost_model
Python command:	python_does_not_exist	Python command:	python3
Model file exists:	True	Model file exists:	True
Script exists:	True	Script exists:	True
Fallback reason:	spawn python_does_not_exist EACCES	Model status:	initialized
Optimize endpoint (same sample parcel)		Optimize endpoint (same sample parcel)	
Item id:	fallback-item	Item id:	xgboost-item
Dimensions (cm):	20 × 10 × 15	Dimensions (cm):	20 × 10 × 15
Density factor:	0.85	Density factor:	0.85
Predicted weight:	2167.500 g	Predicted weight:	6.749 g
Prediction source:	volume density fallback	Prediction source:	xgboost_model

Fig. 5. Prototype runtime-mode evidence from captured API traces

Illustrative Scenario Design

The repository defines three illustrative scenario labels in `demo/scenario_config.json`: baseline A (ERP-only), baseline B (on-chain tariff/dispute workflow without the proposed ML-assisted positioning), and the proposed scenario (ML-assisted + blockchain-audited prototype). The scenario files are generated deterministically from this configuration and written to `results_kpi.csv` and `summary_results.csv`. In this manuscript, `summary_results.csv` is treated as the canonical source of truth for the illustrative scenario package, not as an empirical benchmark file.

Configured Indicators.

The scenario-analysis package tracks six configured fields already present in the repository outputs: reconciliation latency, throughput, mean absolute error (MAE), cost per item, dispute rate, and recovery time. These values are deterministic scenario outputs. They are not production telemetry, statistical confidence intervals, or live blockchain benchmarks. In particular, the MAE field in the scenario files is retained as an illustrative configuration variable and should not be read as a persisted evaluation result for the rerun XGBoost artifact summarized in Table 2.

Configured Scenario Summary.

The repository-level scenario summaries reconcile the manuscript with the stored scenario files. These outputs are deterministic scenario means over 1,000 synthetic

records and are retained only as illustrative configuration values rather than as empirical benchmark measurements. Within these configured scenarios, the proposed workflow is assigned lower dispute, cost, and recovery values than the heavier on-chain baseline, while the ERP-only scenario remains fastest because it excludes governance overhead.

Table 3 – Configured scenario summary from summary_results.csv (illustrative deterministic outputs).

Scenario	Latency (s)	Throughput	MAE (g)	Cost/item (\$)	Dispute rate (%)	Recovery (min)
Baseline A	0.52 ± 0.06	119.86	2.116	0.00205	2.30	3.50
Baseline B	2.04 ± 0.20	44.97	2.116	0.05005	2.30	4.20
Proposed	1.48 ± 0.13	58.09	0.762	0.01005	0.40	1.80

Note: scenario-derived outputs from summary_results.csv; illustrative repository summaries, not empirical benchmark measurements.

Illustration in Figure 6 indicates that each point represents one illustrative scenario summary, positioning latency against throughput while preserving the configured differences in dispute exposure and operating cost. These values are scenario-derived configuration outputs rather than empirical benchmark measurements.

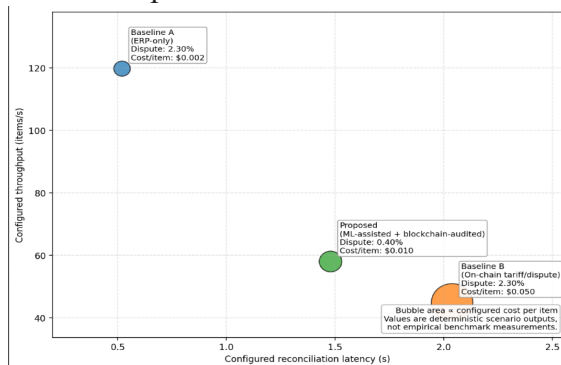


Fig. 6. Configured scenario trade-offs derived from the canonical repository scenario files.

Discussion

The study shows that ERP-integrated warehouse reconciliation can be described and evaluated more clearly when the architecture, learning module, and audit workflow are reported together rather than in isolation. The prototype demonstrates a coherent integration path from measurement capture to tariff application and dispute handling, and the rerun evidence confirms that the released training pipeline is executable on the synthetic dataset.

At the same time, the results draw a clear methodological boundary. XGBoost provides stable synthetic-data performance, but the deterministic rule recovered from the generator remains stronger on the current labels, indicating that the present learning task is best understood as a reproducible surrogate rather than as proof of superior predictive intelligence for live warehouse billing data. The scenario package is therefore most useful as an illustrative systems comparison, not as a live benchmark.

Taken together, these findings support the paper's main value proposition: a

blockchain-enabled ERP warehouse integration framework that makes measurement reconciliation, tariff governance, and dispute workflows inspectable at prototype level. For research, the contribution lies in combining IoT-oriented measurement logic, ML-supported reconciliation, and blockchain auditability in one formalized workflow. For practice, the prototype clarifies what would be required to move from synthetic evidence toward calibrated field deployment.

Limitations and Threats to Validity.

Several Limitations.

First, the supervision target is synthetic and derived from generator assumptions rather than from carrier billing records. Second, the DF field in the dataset denotes a synthetic density factor used by the generator; it is not a carrier divisor recovered from operational billing systems. Third, the blockchain layer is represented by a deterministic stub rather than by a live multi-organization Fabric benchmark. Fourth, the scenario files are configured outputs rather than naturally occurring warehouse telemetry.

These constraints define the main threats to validity. Construct validity is limited because the scenario package represents configured indicators rather than direct operational telemetry. Internal validity is bound by the synthetic target-generation logic. External validity is limited by the absence of calibrated field devices, carrier billing records, and live multi-party deployment conditions. Even so, the manuscript is reproducible at prototype level and makes its evidence boundaries explicit.

Conclusion.

This study develops and analyzes a blockchain-enabled ERP warehouse integration prototype for dimensional-weight reconciliation and auditability-oriented workflow support. The paper contributes an integrated architecture linking IoT-oriented measurement capture, an XGBoost-based point-regression module, and a blockchain-governed dispute and tariff workflow, while also clarifying the analytical decision layer through explicit definitions of FreightCost(c), Risk(c), and SpacePenalty(c).

The reported evidence supports a careful conclusion. The learning pipeline is reproducible on the synthetic dataset, the prototype runtime is executable in both fallback and XGBoost-enabled modes, and the configured scenario package provides a coherent illustration of latency, throughput, dispute-rate, cost, and recovery trade-offs. At the same time, the study does not claim live warehouse validation, carrier-ground-truth supervision, or production-scale blockchain benchmarking. Future work should therefore focus on calibrated field data, carrier billing records, and live multi-organization deployment to test the proposed framework under operational conditions.

REFERENCES

- Aleksieva H., Valchanov H., Maleshkov V., and Haka A. (2024). "Blockchain Solutions for Logistic Management," *Blockchains*. — Vol. 2. — No. 4. Pp. 445–457. [In Eng.].
- Butt K.K., Yousif M., Sumra I.A., Qazi A., Khan S. and Khan M.A. (2025). "Blockchain in the Digital Age: Challenges, Opportunities, and Future Trends // *Journal of Computing & Biomedical Informatics*. Vol. 8. No. 2. [In Eng.].
- Hande K.N. and Chandak M.B. (2024). Optimizing Warehouse Management System with Blockchain // *International Journal of Informatics and Communication Technology*. Vol. 13. No. 3. Pp. 362–369. [In Eng.].
- Ilochonwu I.A. (2024). "A Case Study of ERP Implementation with Blockchain // *International Journal of*

Humanities Social Science and Management (IJHSSM). Vol. 4. No. 6. Pp. 423–433. [In Eng.].

Imane L., Noureddine M., Driss S., and Hanane L. (2024). “Towards Blockchain-Integrated Enterprise Resource Planning,” *Computers*. Vol. 13. No. 11. [In Eng.].

Kramer M.P., Bitsch L., and Hanf J. (2021). “Blockchain and Its Impacts on Agri-Food Supply Chain Network Management,” *Sustainability*. Vol. 13. No. 2168. Pp. 1–22. [In Eng.].

Korapati R.S. (2025). Revolutionizing Enterprise Systems: The Integration of Blockchain Technology with ERP Systems // *International Journal of Computer Engineering and Technology (IJCET)*. Vol. 16. No. 1. Pp. 2222–2234. [In Eng.].

Korkusuz Polat T. and Baran E. (2024). A Blockchain-Based Quality 4.0 Application for Warehouse // *Applied Sciences*. Vol. 14. No. 10950. Pp. 1–31. [In Eng.].

Moalagh M. and Ghadi A.E. (2022). Blockchain: Challenges and Perspectives // *Journal of Information Technology Management, Special Issue*. Pp. 211–243. [In Eng.].

Ospanov A. and Zhumadillayeva A. (2025). IoT and Machine Learning Driven Intelligent Warehouse Monitoring: An Expanded Case Study,” in Proc. IEEE 5th Int. Conf. on Smart Information Systems and Technologies (SIST). — Astana. Kazakhstan. Pp. 1–7. [In Eng.].

Ospanov A., Alonso-Jordá P., Turymbetov T., Dyussekeyev K., and Zhumadillayeva A. (2025). Advancements in ERP Systems through Emerging Technologies, Machine Learning and Hybrid Optimization Techniques // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. [In Eng.].

Jararweh A., Yatim A.R., Al-Bataineh H. and Al-Younes M. (2025). “Development and Implementation of Dimensional Weight Calculation in Warehouse Management // *International Journal of Recent Technology and Applied Science*. Vol. 7. No. 1. Pp. 17–25. [In Eng.].

Rahman M., Honey U., Rangari S., and Wu F. (2025). Blockchain-Based Supply Chain Management for Ensuring the Quality and Traceability of Fresh Produce: An Illustrative Analysis, in Proc // IEEE 15th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC). Vol. 25. Pp. 38–44. [In Eng.].

Seelaboyina M., Govindaraj R., Sirisha S., Sathyakala S., Rashid S.Z., and Vigneshwaran K.S. (2025). Blockchain Technology in Logistics and Supply Chain Management: A Bibliometric and Co-Citation Analysis,” *ITM Web of Conferences*. Vol. 76. Article 02008. [In Eng.].

Tufano A., Accorsi R., and Manzini R. (2024). “Optimizing Warehouse Operations Through Machine Learning-Enhanced Digital Twins // *Community Practitioner*. [In Eng.].

Teodorescu M. and Korchagina E. (2021). “Applying Blockchain in the Modern Supply Chain // *Journal of Open Innovation: Technology, Market and Complexity*. Vol. 7. No. 80. Pp. 1–18. [In Eng.].

Xu P. and Lee L.H. (2024). Transaction Method of Warehouse Sharing Platform using Blockchain Technology // *International Journal of Communication Networks and Information Security*. Vol. 16. No. 1. Pp. 1–14. [In Eng.].



**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ
ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Собственник:

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

Главный редактор:

Колесникова Катерина Викторовна

Ответственный редактор:

Мрзабаева Раушан Жалиевна

Компьютерная верстка:

Калабай Замзагуль Ертугановна

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

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Подписано в печать 30.03.2026.

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