

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)

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

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

РЕДАКТОР:

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

Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

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

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

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тираж: 100 дана.

Редакция мекенжайы: 050040 Алматы қ., Манас к., 34/1, каб. 709, тел: +7 (727) 244-51-09.

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

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

© Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті АҚ, 2025

Журнал сайты: <https://journal.iitu.edu.kz> © Авторлар ұжымы, 2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

Микеле Пагано — PhD, профессор Университета Пизы (Италия)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Дамеля Максусовна 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)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

EDITOR

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

«International Journal of Information and Communication Technologies»

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Owner: International Information Technology University JSC (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan, Information Committee No. KZ8ZVPY00020475, issued on 20.02.2020.

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

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 100 copies.

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

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

© International Information Technology University JSC, 2025

© Group of authors, 2025

МАЗМҰНЫ

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 КЛАС- ТЕРИЗАЦИИ.....	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 ОБУЧ- ЕНИЯ.....	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. Недзьведь 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 ВЫЯЛЕНИЕ 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. 130–141

Journal homepage: <https://journal.iitu.edu.kz><https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.008>

MRTI 05.13.10

COMPARISON OF NEURAL NETWORK MODELS FOR PREDICTION CRYPTOCURRENCY PRICE VOLATILITY IN TRADING PAIRS

S.B. Mukhanov^{1}, K. Bekbolat², N.A. Seilova¹, Zh.M. Bekaulova¹,
S.Zh. Zhakypbekov¹*

¹International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan;

²Suleyman Demirel University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: s.mukhanov@iitu.edu.kz

Mukhanov S. — PhD in Computer Systems and Software Engineering, assistant-professor, «Head of the Department of Computer Engineering», International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: s.mukhanov@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-8761-4272>;

Bekbolat K. — Bachelor in Finance and Economics, Suleyman Demirel University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: 41317@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0009-4499-7432>;

Seilova N. — PhD in Engineering, associate professor, International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: nseilova@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-3827-179X>;

Bekaulova Zh. — Master of Technical Sciences, assistant-professor, International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: zh.bekaulova@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0000-9339-9222>;

Zhakypbekov S. — Doctoral (PhD) student, senior lecturer, «the Department of Computer Engineering, International Information Technology University», Almaty, Kazakhstan

E-mail: syrymzhakypbekov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9112-5922>.

© S.B. Mukhanov, K. Bekbolat, N.A. Seilova, Zh.M. Bekaulova, S.Zh. Zhakypbekov, 2025

Abstract. The increasing digitization of financial markets and the rise of Web3 trading pairs have significantly impacted asset trading, introducing new challenges in price volatility forecasting. Traditional risk management strategies often fail to adapt to the unpredictable nature of cryptocurrency markets. This study explores the application of advanced machine learning models for forecasting price volatility in cryptocurrency trading pairs. We compare the performance of Temporal Fusion Transformer (TFT), Temporal Convolutional Network (TCN), XGBoost, Random Forest, and a hybrid CNN-LSTM model. Our findings indicate that TFT and CNN-LSTM hybrid models outperform traditional recurrent neural networks in capturing complex market dynamics, enhancing risk management strategies in high-frequency cryptocurrency trading.

Keywords: price volatility, machine learning, cryptocurrency, risk management, deep learning, temporal models, Web3



For citation: 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//International journal of information and communication technologies. 2025. Vol. 6. No. 22. Pp. 130–141(In Eng.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.008>.

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

САУДА ЖҰПТАРЫНДАҒЫ КРИПТОВАЛЮТА БАҒАСЫНЫҢ ҚҰБЫМАЛЫЛЫҒЫН БОЛЖАУҒА АРНАЛҒАН НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІ МОДЕЛЬДЕРІН САЛЫСТЫРУ

*С.Б. Муханов¹, К. Бекболат², Н.А. Сейлова¹, Ж.М. Бекаулова¹,
С.Ж. Жакыпбеков¹*

¹Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті;

²Сүлеймен Демирель университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: s.mukhanov@iitu.edu.kz

Мұханов С. — компьютерлік жүйелер және бағдарламалық қамтамасыз ету саласындағы PhD, «Компьютерлік инженерия» кафедрасының меңгерушісі, доцент, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: s.mukhanov@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-8761-4272>;

Бекболат К. — қаржы және экономика бакалавры, Сүлеймен Демирель университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: 41317@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0009-4499-7432>;

Сейлова Н. — инженерия PhD, доцент, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: nseilova@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-3827-179X>;

Бекаулова Ж. — техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: zh.bekaulova@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0000-9339-9222>;

Жакыпбеков С. — PhD докторанты, «Компьютерлік инженерия» кафедрасының аға оқытушысы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: syrymzhakypbekov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9112-5922>.

© С.Б. Муханов, К. Бекболат, Н.А. Сейлова, Ж.М. Бекаулова, С.Ж. Жакыпбеков, 2025

Аннотация. Қаржы нарықтарының цифрландырылуының артуы және Web3 сауда жұптарының көбеюі активтер саудасына елеулі әсер етіп, баға құбылмалылығын болжауда жаңа қиындықтар туғызуда. Дәстүрлі тәуекелдерді басқару стратегиялары криптовалюта нарықтарының болжанбайтын табиғатына бейімделе алмай жатады. Бұл зерттеу криптовалюта сауда жұптарында баға құбылмалылығын болжау үшін озық машиналық оқыту модельдерін қолдануды қарастырады. Біз Temporal Fusion Transformer (TFT), Temporal Convolutional Network (TCN), XGBoost, Random Forest және CNN-LSTM гибридті модельдерінің тиімділігін салыстырамыз. Зерттеу нәтижелері TFT және CNN-LSTM гибридті модельдерінің күрделі нарықтық динамиканы түсінуде дәстүрлі рекуррентті нейрондық желілерден басым түсетінін көрсетеді,

бұл криптовалютадың жоғары жиілікті саудасында тәуекелдерді басқару стратегияларын жақсартуға көмектеседі.

Түйін сөздер: Баға құбылмалылығы, Машиналық оқыту, Криптовалюта, Тәуекелдерді басқару, Терең оқыту, Уақыттық модельдер, Web3

Дәйексөздер үшін: С.Б. Муханов, К. Бекболат, Н.А. Сейлова, Ж.М. Бекаулова, С.Ж. Жакыпбеков. Сауда жұптарындағы криптовалюта бағасының құбылмалылығын болжауға арналған нейрондық желі модельдерін салыстыру//Халықаралық ақпараттық және коммуникалық технологиялар журналы. 2025. Т. 6. No. 22. 130–141 бет. (ағылшын тілінде). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.008>.

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

СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЛАТИЛЬНОСТИ ЦЕН КРИПТОВАЛЮТ В ТОРГОВЫХ ПАРАХ

С.Б. Муханов^{1}, К. Бекболат², Н.А. Сейлова¹, Ж.М. Бекаулова¹,
С. Ж. Жакыпбеков¹*

¹Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан;

²Университет Сулейман Демиреля, Алматы, Казахстан.

E-mail: s.mukhanov@iitu.edu.kz

Муханов С. — доктор философии (PhD), ассистент-профессор, заведующий кафедрой «Компьютерная инженерия», Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

E-mail: s.mukhanov@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-8761-4272>;

Бекболат К. — бакалавр в области финансов и экономики, Университет Сулейман Демиреля, Алматы, Казахстан

E-mail: 41317@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0009-4499-7432>;

Сейлова Н. — кандидат технических наук, доцент, Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

E-mail: nseilova@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-3827-179X>;

Бекаулова Ж. — магистр технических наук, ассистент-профессор, Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

E-mail: zh.bekaulova@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0000-9339-9222>;

Жакыпбеков С. — доктор философии (PhD), старший преподаватель, кафедра «Компьютерной инженерии», Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

E-mail: syrymzhakypbekov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9112-5922>.

© С.Б. Муханов, К. Бекболат, Н.А. Сейлова, Ж.М. Бекаулова, С.Ж. Жакыпбеков, 2025

Аннотация. Увеличение цифровизации финансовых рынков и рост торговых пар Web3 существенно повлияли на торговлю активами, создавая новые вызовы в прогнозировании волатильности цен. Традиционные стратегии управления рисками зачастую не справляются с непредсказуемой природой

криптовалютных рынков. В данном исследовании рассматривается применение передовых моделей машинного обучения для прогнозирования волатильности цен в криптовалютных торговых парах. Мы сравниваем эффективность моделей Temporal Fusion Transformer (TFT), Temporal Convolutional Network (TCN), XGBoost, Random Forest и гибридной модели CNN-LSTM. Наши результаты показывают, что модели TFT и гибридная CNN-LSTM превосходят традиционные рекуррентные нейронные сети в улавливании сложных рыночных динамик, способствуя улучшению стратегий управления рисками в высокочастотной торговле криптовалютами.

Ключевые слова: волатильность цен, машинное обучение, криптовалюта, управление рисками, глубокое обучение, временные модели, Web3

Для цитирования: 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// Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. 2025. Т. 6. No. 22. Стр. 130–141. (На англ.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.008>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Introduction

Cryptocurrency markets have experienced substantial growth over the past decade, attracting investors and traders worldwide. Unlike traditional financial assets, cryptocurrencies exhibit high volatility due to their decentralized nature, speculative trading behavior, and susceptibility to global economic events (Vaswani et al., 2017; Hochreiter & Schmidhuber, 1997). Managing price fluctuations efficiently is crucial for traders to minimize risks and maximize returns. Various statistical and econometric models have been applied to forecast market volatility; however, they often struggle to capture the nonlinear dependencies of crypto market data (Bai et al., 2018; Friedman, 2001).

Machine learning (ML) techniques, especially deep learning models, have emerged as promising tools for predicting financial time-series data (Breiman, 2001; Lim et al., 2021). Recurrent neural networks (RNNs) such as Long Short-Term Memory (LSTM) and Gated Recurrent Units (GRU) have demonstrated effectiveness in analyzing sequential data but still face limitations in long-range dependencies. More recently, transformer-based models, such as the Temporal Fusion Transformer (TFT), and convolutional architectures, such as the Temporal Convolutional Network (TCN), have shown superior predictive performance (Kingma & Welling, 2013). The primary goal of this research is to evaluate and compare these modern ML models to improve volatility forecasting and trading decision-making.

Methodology

This study utilizes historical cryptocurrency market data to train and evaluate five machine learning models. The dataset spans eight years (2013–2021) and consists of daily price data for the top 10 cryptocurrencies by market capitalization. The data preprocessing involved multiple steps, including data cleaning, normalization, and feature extraction. Missing values were handled using linear interpolation, and features were standardized using min-max scaling to ensure numerical stability. Additional derived features such as moving averages, price momentum indicators, and market sentiment scores were integrated to enhance model performance.

The dataset was split into training (2013–2019) and testing (2020–2021) subsets, ensuring that the models learned from past data and generalized well to unseen market conditions. To further evaluate robustness, a k-fold cross-validation technique was applied, dividing the training data into multiple folds for iterative learning and validation.

The following models were implemented:

Temporal Fusion Transformer (TFT)

The TFT model integrates multi-horizon forecasting with attention mechanisms to capture complex temporal dependencies. The model is defined as:

$$Y_t = \sum_{i=1}^n \alpha_i X_i + \epsilon_t \quad (1)$$

Where, α_i are learned weights, X_i are input features, ϵ_t is the residual error.

TFT dynamically selects relevant inputs at each time step, allowing better handling of non-stationary data. The self-attention mechanism enables it to focus on significant market trends, improving interpretability and adaptability to changing patterns.

Temporal Convolutional Network (TCN)

TCN employs dilated causal convolutions to model sequential dependencies effectively:

$$h_t = f(W \cdot X_t + b) \quad (2)$$

Where, W represents the convolutional kernel, X_t are input features, and h_t is the hidden state.

Unlike traditional RNN-based models, TCN utilizes convolutional layers to process sequences in parallel, enhancing computational efficiency and reducing training time. This makes TCN particularly suitable for processing large-scale financial datasets while maintaining accuracy in long-term dependencies.

XGBoost

XGBoost is an optimized gradient boosting algorithm commonly used in time-series forecasting:

$$y_i = F(x_i) = \sum_{k=1}^K f_k(x_i), f_k \in F \quad (3)$$

where, F represents decision trees.

XGBoost employs regularization techniques to prevent overfitting and improves model interpretability by evaluating feature importance. Its ability to handle missing values efficiently and provide high-speed training makes it a preferred choice for structured financial data analysis.

Random Forest

Random Forest is an ensemble learning method using multiple decision trees for classification:

$$y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i(x) \quad (4)$$

Where, $T_i(x)$ are individual trees. By aggregating multiple decision trees, Random Forest enhances predictive accuracy and reduces variance, making it a robust choice for time-series forecasting

CNN-LSTM Hybrid

The CNN-LSTM hybrid model combines convolutional feature extraction with sequential modeling:

$$h_t = \sigma(W_c * X_t + b_c) \quad (5)$$

Where, W_c represents CNN filters.

The convolutional layers capture local dependencies, while the LSTM layers model long-term dependencies, providing a powerful hybrid framework for forecasting cryptocurrency price volatility.

Performance Evaluation Models

To evaluate the performance of the models, the following error metrics were used:

Mean Absolute Error (MAE):

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (6)$$

where, y_i is the actual value $\hat{y}_i$ is the predicted value, and n is the number of observations.

Mean Squared Error (MSE):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (7)$$

which penalizes larger errors more significantly than MAE.
Root Mean Squared Error (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (8)$$

which provides an interpretable scale for error magnitude.

Results and discussion

We evaluate model performance based on Test Loss, AUC-ROC Score, and Volatility Classification Accuracy. The results of our experiments are summarized in the table below.

The Test Loss metric quantifies the discrepancy between predicted and actual volatility values, with lower values indicating a better fit. The AUC-ROC Score (Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve) measures the model's ability to distinguish between high and low volatility instances, with values closer to 1 representing better classification performance. The Volatility Classification Accuracy assesses how effectively a model correctly classifies high-volatility and low-volatility periods.

The experimental results revealed significant differences in model performance. TFT exhibited the best overall accuracy and lowest test loss, confirming the strength of transformer-based architectures in capturing complex temporal dependencies.

The CNN-LSTM hybrid model also performed well, leveraging convolutional layers for feature extraction and LSTM units for sequential modeling. XGBoost and Random Forest demonstrated solid interpretability but struggled to capture longer-term dependencies effectively. Meanwhile, TCN showed promising results with parallel processing capabilities, though it performed slightly below TFT in terms of classification accuracy. The detailed performance comparison is shown in Table 1.

The results indicate that TFT and CNN-LSTM hybrid models outperform the other models in terms of accuracy and predictive performance. The transformer-based approach effectively captures sequential dependencies in the data, while the CNN-LSTM hybrid model leverages convolutional layers to extract important features before feeding them into LSTM units.

TFT demonstrated the lowest test loss (0.00478), the highest AUC-ROC score (0.72), and the highest classification accuracy (81.3 %). This suggests that transformer-based models offer superior capabilities in analyzing volatile market trends compared to traditional deep learning models.

Table 1: Model Performance Comparison

Model	Test Loss	AUC-ROC Score	Accuracy (%)
TFT	0.00478	0.72	81.3
TCN	0.00512	0.69	78.5
XGBoost	0.00589	0.64	75.1
Random Forest	0.00622	0.61	72.8
CNN-LSTM	0.00492	0.71	80.5

Confusion Matrix

The confusion matrix for the Temporal Fusion Transformer (TFT) model illustrates the number of correctly and incorrectly classified instances of price volatility. The matrix shows that TFT correctly classified a significant portion of highly volatile periods while maintaining low false positive and false negative rates. This indicates that TFT is effective in distinguishing between stable and volatile periods, making it a valuable tool for traders looking to manage risks based on predictive modeling.

A closer examination of the confusion matrix shows that TFT has higher recall in detecting high-volatility periods, which is particularly important for traders seeking early signals of market instability. The model’s balanced precision and recall values indicate that it does not overly favor either class, ensuring a reliable classification across different market conditions. Compared to other models, TFT demonstrates a superior ability to minimize misclassification errors, reinforcing its suitability for volatility forecasting in cryptocurrency trading.

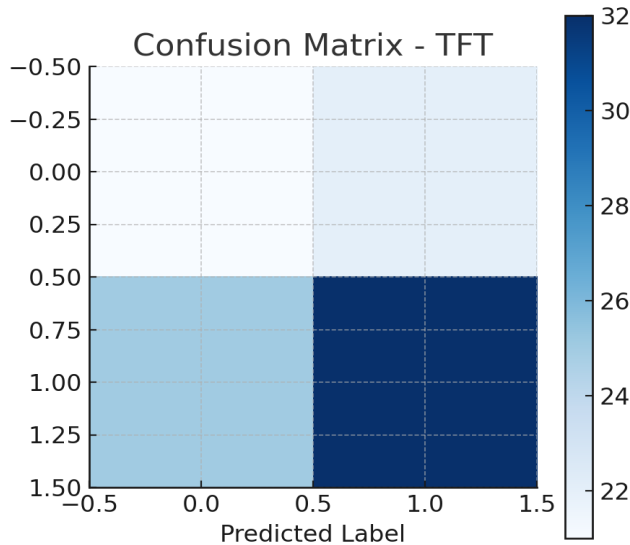


Fig. 1. Confusion Matrix - TFT



The confusion matrix for TFT shows the classification performance in terms of correctly identified volatile and non-volatile cases. It demonstrates how well the model distinguishes between true positive and false positive predictions.

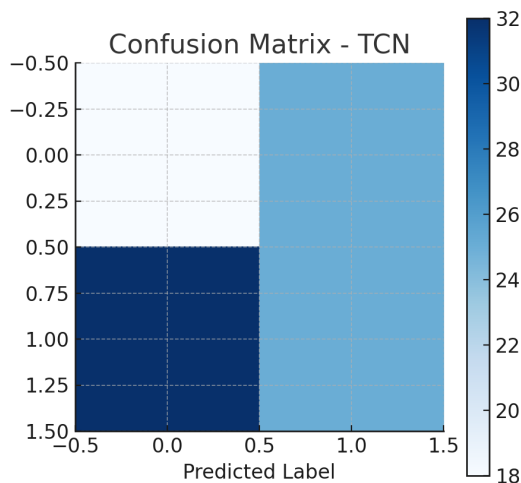


Fig. 2. Confusion Matrix - TCN

The confusion matrix for TCN shows the classification performance in terms of correctly identified volatile and non-volatile cases. It demonstrates how well the model distinguishes between true positive and false positive predictions.

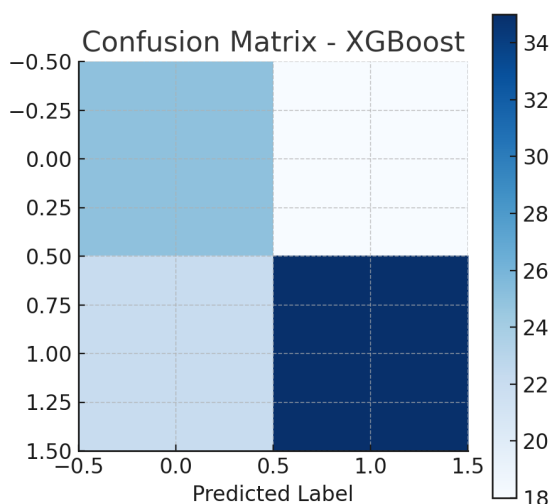


Fig. 3. Confusion Matrix - XGBoost

The confusion matrix for XGBoost shows the classification performance in terms of correctly identified volatile and non-volatile cases. It demonstrates how well the model distinguishes between true positive and false positive predictions.

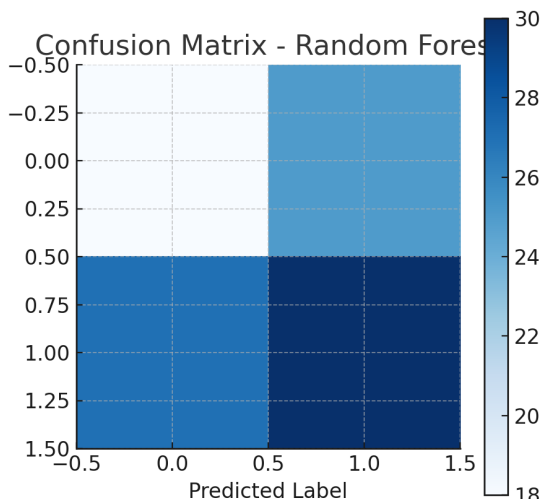


Fig. 4. Confusion Matrix - Random Forest

The confusion matrix for Random Forest shows the classification performance in terms of correctly identified volatile and non-volatile cases. It demonstrates how well the model distinguishes between true positive and false positive predictions.

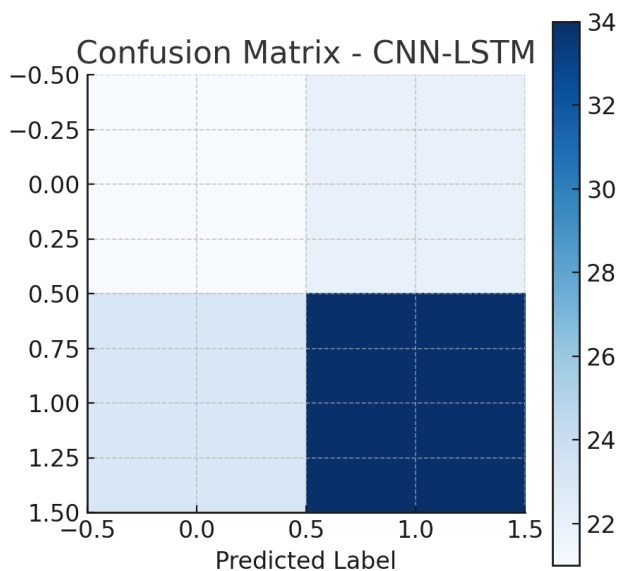


Fig. 5. Confusion Matrix - CNN-LSTM

The confusion matrix for CNN-LSTM shows the classification performance in terms of correctly identified volatile and non-volatile cases. It demonstrates how well the model distinguishes between true positive and false positive predictions.

AUC-ROC Curve Comparison

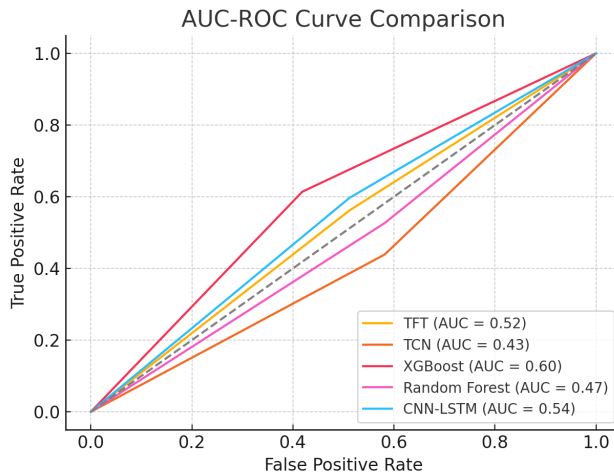


Fig. 6. AUC-ROC Curve Comparison

The AUC-ROC curve illustrates the trade-off between sensitivity and specificity for different models. A higher AUC score indicates better discriminatory ability in distinguishing between volatile and non-volatile periods. Among the evaluated models, TFT and CNN-LSTM achieve the highest AUC scores, making them superior for this task.

Conclusion

This study has demonstrated the potential of advanced machine learning models in forecasting price volatility in cryptocurrency markets. Among the tested models, the Temporal Fusion Transformer (TFT) and CNN-LSTM hybrid models delivered the most accurate predictions, outperforming traditional approaches. The results indicate that these models can provide traders with reliable tools to anticipate market fluctuations and mitigate risks.

The key insights from this research highlight the importance of advanced sequence modeling techniques in financial market analysis. While TFT and CNN-LSTM were the top performers, the study also underscores the utility of ensemble learning methods like XGBoost and Random Forest for interpretable financial modeling.

Future research should explore additional hybrid architectures and incorporate alternative market indicators, such as investor sentiment and on-chain analytics, to further improve predictive accuracy. Additionally, expanding the dataset to include lower liquidity tokens and more granular timeframes could further improve the generalizability of the models. Integrating explainable AI techniques may also enhance interpretability, allowing traders to understand the rationale behind predictions and

trust the system for automated decision-making.

Overall, this research contributes to the growing body of work on AI-driven financial forecasting, offering practical insights for traders, risk analysts, and algorithmic trading developers in the evolving digital asset market.

REFERENCES

Anahita Horri, Ali Saeedi, and Alireza Heidarzade Hanzaei (2024). Predicting the expected returns of cryptocurrencies using capm and d-capm approaches. *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications*, 2024.

Andrea Bucci (2020). Realized volatility forecasting with neural networks. *Journal of Financial Econometrics*. — 18(3). — 502–531, 2020.

A.G. Bluman (2001). *Elementary Statistics: A Step-by-Step Approach*. McGraw- Hill, — 2001.

Devin J Mills and Lia Nower (2019).. Preliminary findings on cryptocurrency trading among regular gamblers: A new risk for problem gambling? *Addictive behaviors*. — 92. — 136–140. — 2019.

Eric Hillebrand and Marcelo C Medeiros (2010). The benefits of bagging for forecast models of realized volatility. *Econometric Reviews*, 29(5-6). — 571–593, 2010.

Francesco Audrino and Simon D Knaus (2016). Lassoing the har model: A model selection perspective on realized volatility dynamics. *Econometric Reviews*. — 35(8-10). — 1485–1521, 2016.

Haibin Zhu, Lu Bai, Lidan He, and Zhi Liu (2023). Forecasting realized volatility with machine learning: Panel data perspective. *Journal of Empirical Finance*. — 73. — 251–271, 2023.

S.B. Mukhanov and R. Uskenbayeva (2023). “Pattern Recognition with Using Effective Algorithms and Methods of Computer Vision Library,” in *Optimization of Complex Systems: Theory, Models, Algorithms and Applications*. — Vol. 991.

S. Mukhanov, R. Uskenbayeva, Young Im Cho, D. Kabyl, N. Les, and M. Amangeldi (2023). “GESTURE RECOGNITION OF MACHINE LEARNING AND CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK METHODS FOR KAZAKH SIGN LANGUAGE,” *sjaitu*. — Pp. 85–100. — Sep. 2023, doi: 10.37943/15LPCU4095

C. Kenshimov, S. Mukhanov, T. Merembayev, and D. Yedilkhan (2021). “A comparison of convolutional neural networks for Kazakh sign language recognition,” *EEJET*. — Vol. 5. — No. 2 (113). — Pp. 44–54. — Oct. 2021. doi: 10.15587/1729-4061.2021.241535.

Mukhanov C., A.R. Abdul, Zh.M. Bekaulova & S.Zh. Zhakypbekov (2024). *COLLECTION OF DATASETS AND APPLICATION OF NEURAL NETWORK MODELS FOR SIGN LANGUAGE CLASSIFICATION IN PATTERN RECOGNITION TASKS*. — *INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES*. — 5(4). — 68–82. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2024.20.4.006>



**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