

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



**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ
ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION
AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

2025 (22) 2

сәуір - маусым

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

БАС РЕДАКТОР:

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

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

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

ҒАЛЫМ ХАТШЫ:

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

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

Разак Абдул — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессоры (Қазақстан)
Лучино Томмазо де Паолис — Саленто Университеті (Италия) инновация және технологиялық инжиниринг департаменті AVR зертханасының зерттеу және әзірлеу бөлімінің директоры

Лиз Бэкон — профессор, Абертей Университеті (Ұлыбритания) вице-канцлерінің орынбасары

Микеле Пагано — PhD, Пиза Университетінің (Италия) профессоры

Өтелбаев Мұхтарбай Өтелбайұлы — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, КР ҰҒА академигі, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Рысбайұлы Болатбек — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Есептеу және деректер ғылымдары департаментінің профессоры, Astana IT University (Қазақстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Дузаев Нуржан Токсужаевич — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті цифрландыру және инновациялар жөніндегі проректор (Қазақстан)

Синчев Бахтгерей Куспанович — техника ғылымдарының докторы, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Сейлова Нургуль Абдуллаевна — техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік технологиялар және киберқауіпсіздік факультетінің деканы (Қазақстан)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Алимереб Али Абд — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

Мохамед Ахмед Хамада — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

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

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

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

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

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

РЕДАКТОР:

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

Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

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

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

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тираж: 100 дана.

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

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

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

© Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті АҚ, 2025

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

Микеле Пагано — PhD, профессор Университета Пизы (Италия)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Дамеля Максумовна Ескендирова — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

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

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

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

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

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

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

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

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

Талеуш Валлас — PhD, проректор университета имен Адама Мицкевича (Польша)

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

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

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

РЕДАКТОР:

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

Международный журнал информационных и коммуникационных технологий

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

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

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

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

Периодичность: 4 раза в год.

Тираж: 100 экземпляров.

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

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

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

© АО Международный университет информационных технологий, 2025

© Коллектив авторов, 2025

EDITOR-IN-CHIEF

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

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

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

ACADEMIC SECRETARY

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

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

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

CONTENTS

M. Aitimov, K. Makulov, A. Ostayeva, G. Mussagulova, J. Kultan APPLICATION OF A HYBRID MODEL TO STUDY THE IMPACT OF SOCIO-ECONOMIC FACTORS ON REGIONAL DEVELOPMENT.....	8
A. Bayegizova, G. Murzabekova, A. Alimagambetova, G. Mukhamedrakhimova, M. Kassim INTELLIGENT CLUSTERING METHODS FOR PROCESSING AND ANALYZING SHORT TEXTS.....	23
G.U. Bektemysova, A.A. Bykov, B.A. Norashikin, A.A. Keresh, M.O. Dauletbek DEVELOPMENT AND TESTING OF AN INTELLIGENT MONITORING SYSTEM FOR CONSTRUCTION PROCESSES BASED ON COMPUTER VISION AND MACHINE LEARNING.....	37
D. Yedilkhan, N. Khaimuldin, D. Ospanova, B. Amirgaliyev INTELLIGENT MODEL FOR FINDING THE OPTIMAL ROUTE TO COVER ALL STREETS WITH MOVEMENT CONSTRAINTS.....	57
A. Ignatovich, A.S. Yesengeldina, L.T. Kurmangazyeva, S.R. Sharmukhanbet, A.M. Nedzved SIGNIFICANT FACTORS ANALYSIS USING SHAP AND PCA FOR OPTIMIZING AGRICULTURAL RESOURCE MANAGEMENT.....	75
A. Kassymova, G. Abdikerimova, A. Assabay, A. Serikbayeva, S. Akhmedova REAL-TIME MATHEMATICAL MODELING FOR MOVING OBJECT DETECTION IN VIDEO STREAMS.....	91
S.K. Kumargazhanova, D. Nurlybekova, A.S. Tlebalidinova, 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. 1. Number 22 (2025). Pp. 174–185

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

<https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.011>

УДК 004.89:336.717

GRAPH NEURAL NETWORKS FOR FRAUD DETECTION: COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS

A.M. Temirkhan, G.N. Pachshenko*

International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: asselttemirkhan1@gmail.com

Temirkhan A. — Master's student, International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: asselttemirkhan1@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-9176-4586>;

Pachshenko G. — Candidate of Technical Sciences, associate professor, «the Department of Information Systems», International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: galina_pashenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8818-2934>.

© A.M. Temirkhan, G.N. Pachshenko, 2025

Abstract. The article discusses the application of graph neural networks (GNN) to detect fraudulent transactions in the banking system and their applicability to improve accuracy and reduce false positives in security monitoring systems. Current methods of analyzing financial data show poor performance in processing large amounts of information, making it difficult to detect anomalous and fraudulent transactions. During the study, several models were analyzed, among which the LGM-GNN architecture showed the best results in terms of accuracy and completeness. The results obtained confirm the promising use of GNNs for solving fraud detection problems and open opportunities for their implementation in real financial monitoring systems. Recommendations for algorithm improvement and directions for further research are formulated.

Keywords: graph neural networks, fraud, banking system, anomaly detection, machine learning, data security, transaction analysis

For citation: A.M. Temirkhan, G.N. Pachshenko. Graph neural networks for fraud detection: comparative analysis of methods//International journal of information and communication technologies. 2025. Vol. 6. No. 22. Pp. 174-185 (In Eng.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.011>.

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

**БАНКТЫҚ АЛАЯҚТЫҚТЫ АНЫҚТАУДАҒЫ ГРАФТЫҚ
НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІЛЕР: ӘДІСТЕРДІ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ**

А.М. Темірхан, Г.Н. Пащенко*

Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: asseltemirkhan1@gmail.com

Темірхан А. — магистратура студенті, Халықаралық Ақпараттық Технологиялар Университеті, Алматы, ҚазақстанE-mail: asseltemirkhan1@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-9176-4586>;**Пащенко Г.** — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Алматы, Қазақстан
E-mail: galina_pashenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8818-2934>.

© А.М. Темірхан, Г.Н. Пащенко, 2025

Аннотация. Мақалада банк жүйесіндегі алаяқтық транзакцияларды анықтау үшін графтық нейрондық желілерді (GNN) қолдану мәселесі қарастырылып, олардың қауіпсіздік мониторингі жүйелеріндегі дәлдікті арттыру мен жалған оң нәтижелер санын азайтуға ықпал ету мүмкіндігі талданады. Қаржылық деректерді талдаудың қазіргі әдістері ақпараттың үлкен көлемін өңдеу кезінде төмен тиімділік көрсетіп, аномальді және алаяқтық операцияларды анықтауды қиындатады. Зерттеу барысында бірнеше модельге талдау жүргізіліп, олардың ішінде дәлдік пен толықтық бойынша ең жақсы нәтижені LGM-GNN архитектурасы көрсетті. Алынған нәтижелер GNN-ді алаяқтықты анықтау міндеттерінде қолданудың болашағы зор екенін дәлелдейді және оларды нақты қаржылық мониторинг жүйелеріне енгізуге жол ашады. Алгоритмдерді жетілдіру және болашақ зерттеулердің бағыттары бойынша ұсыныстар жасалды.

Түйін сөздер: графтық нейрондық желілер, алаяқтық, банк жүйесі, аномалияларды анықтау, машиналық оқыту, деректер қауіпсіздігі, транзакцияларды талдау

Дәйексөздер үшін: А.М. Темірхан, Г.Н. Пащенко. Банктық алаяқтықты анықтаудағы графтық нейрондық желілер: әдістерді салыстырмалы талдау// Халықаралық ақпараттық және коммуникалық технологиялар журналы. 2025. Т. 6. No. 22. 174–185 бет. (ағылшын тілінде). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.011>.

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

ГРАФОВЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МОШЕННИЧЕСТВА: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ

А.М. Темирхан, Г.Н. Пащенко*Международный университет информационных технологий, Алматы,
Казахстан.

E-mail: asseltemirkhan1@gmail.com



Темирхан А. — магистрант, Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

E-mail: asseltemirkhan1@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-9176-4586>;

Пашенко Г. — кандидат технических наук, ассоциированный профессор «Кафедры информационных систем», Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

E-mail: galina_pashenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8818-2934>.

© А.М. Темирхан, Г.Н. Пашенко, 2025

Аннотация. В статье рассматривается применение графовых нейронных сетей (GNN) для выявления мошеннических транзакций в банковской системе и их применимость для повышения точности и снижения уровня ложных срабатываний в системах мониторинга безопасности. Современные методы анализа финансовых данных демонстрируют низкую эффективность при обработке больших объемов информации, что затрудняет обнаружение аномальных и мошеннических операций. В ходе исследования были проанализированы несколько моделей, среди которых наилучшие результаты по точности и полноте показала архитектура LGM-GNN. Полученные результаты подтверждают перспективность использования GNN для решения задач обнаружения мошенничества и открывают возможности для их внедрения в реальные системы финансового мониторинга. Сформулированы рекомендации по улучшению алгоритмов и направления для дальнейших исследований.

Ключевые слова: графовые нейронные сети, мошенничество, банковская система, обнаружение аномалий, машинное обучение, безопасность данных, анализ транзакций

Для цитирования: А.М. Темирхан, Г.Н. Пашенко. Графовые нейронные сети для обнаружения мошенничества: сравнительный анализ методов//Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. 2025. Т. 6. No. 22. Стр. 174–185. (На англ.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.011>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Introduction

Fraud detection in banking transactions is a complex task requiring highly accurate and computationally efficient analytical methods. Traditional rule-based and machine learning approaches often fail to detect sophisticated fraud patterns, especially given the evolving nature of fraud schemes and increasing transaction volumes. Graph Neural Networks (GNNs) have recently gained traction, demonstrating high effectiveness in anomaly and fraud detection. However, the comparative efficiency of different GNN architectures remains an open question, necessitating further analysis and evaluation.

The relevance of this study lies in the need to improve fraud detection accu-

racy while minimizing false positives, which is critical for the banking system. Recent research introduces various GNN modifications, including heterogeneous graph models, temporal graph networks, and adaptive aggregation methods. However, there is a lack of comprehensive analysis comparing these approaches on a unified dataset with consistent metrics, hindering their practical application in banking. Most studies focus on proposing new models without detailed performance comparisons.

The novelty of the study is to conduct a comparative analysis of modern GNN methods for detecting fraud in the banking system. As part of this study, advanced graph models, including adaptive, spatiotemporal, and heterogeneous GNNs, were reviewed and tested to identify their strengths and weaknesses, as well as determine optimal configurations for detecting fraudulent transactions.

The object of the study is fraud detection processes in bank transactions using graph neural networks.

The subject of the research is modern GNN architectures used to detect fraudulent transactions.

The purpose of the study is to conduct a comparative analysis of various GNN methods, evaluate their accuracy and computational efficiency on the open dataset Credit Card Fraud Detection (Kaggle) and identify the most promising approaches.

Research objectives are to:

- Review modern GNN models used for fraud detection.
- Implement and test multiple GNN architectures on a single dataset.
- Evaluate the accuracy, completeness, and computational complexity of the proposed models.
- Conduct a comparative analysis and identify the most effective method.

The significance of the research lies in its practical and scientific significance. The results obtained can be used by banks and financial organizations to improve the effectiveness of fraud detection systems, as well as in further research on the development of machine learning methods in the field of financial cybersecurity.

Literature Review

Recent research in the field of fraud detection in banking transactions demonstrates a growing interest in methods based on Graph Neural Networks (GNN), which allow modeling complex relationships between transactions and more effectively identifying anomalous patterns. One of the key research directions is the adaptive graph neural network architecture designed to enhance fraud detection accuracy. ASA-GNN is a model that utilizes adaptive sampling and aggregation mechanisms, allowing for the consideration of the dynamic nature of fraudulent schemes (Tian et al., 2023).

Another significant contribution was made by Liu et al., who developed a GNN-based approach for credit card fraud detection by applying spatiotemporal relationships between transactions (Liu et al., 2021). A similar approach was also used in the study of Tian and Liu, where a graph transformer was proposed with the ability

to consider temporal dependencies in transaction data analysis (Tian & Liu, 2024).

Heterogeneous graph neural networks have also gained widespread adoption in this domain. The FIW-GNN model was designed using heterogeneous graph representations for credit card fraud detection (Yan, Gao & Matsypura, 2023). Similar principles were incorporated in the work of Fan et al., where a structure-oriented attention mechanism was used to detect anomalies in complex transaction graphs (Fan, Liu & Li, 2023).

A promising direction is the combination of graph neural networks with federated learning methods. The FedGAT-DCNN architecture was introduced, combining graph networks with dilated convolutional neural networks to enable efficient fraud detection in distributed systems (Li & Walsh, 2024). A similar approach was explored by Tang and Liang, who integrated federated learning technology into a graph environment, reducing the risk of data leakage during model training (Tang & Liang, 2024).

Graph-based methods are also being applied in the broader cybersecurity context. Research has explored the potential of graph-based approaches in anomaly detection in information security, highlighting their effectiveness in fraud detection tasks (Sozol, Saki & Rahman, 2024). Another study applied graph neural networks for detecting money laundering schemes, confirming the versatility of these methods (Dumitrescu, Băltoiu & Budulan, 2022).

Hybrid approaches combining GNNs with autoencoders have shown additional effectiveness in fraud detection. A model integrating graph neural networks with autoencoders was developed to provide real-time predictability of fraudulent transactions (Alarfaj & Shahzadi, 2024). A similar study presented a heterogeneous graph autoencoder designed for fraud detection in credit operations (Singh et al., 2024).

Despite significant progress, several unresolved issues remain. Research indicates that using graph neural networks for fraud detection tasks requires additional mechanisms to address data imbalance (Jing et al., 2021). An extensive review of existing GNN models highlighted the need for further improvements in processing heterogeneous transactional data (Zhou et al., 2020: 57-81). A model incorporating spatiotemporal attention was proposed to account for the evolution of fraudulent schemes, though it was noted that tuning the parameters of such an architecture remains challenging (Cheng et al., 2020).

Another important research direction is the development of models resilient to fraud masking techniques. A method called Pick and Choose was introduced to address the class imbalance problem in training GNN models (Liu et al., 2021). Additionally, an inductive graph representation method for fraud detection was proposed, enabling the processing of previously unseen transactions (Van Belle et al., 2022).

Some studies focus on alternative neural network approaches. A stacked auto-encoder model was developed for predicting credit card defaults, opening possibilities for applying deep recurrent networks in this field (Ebiaredoh-Mienye, Esenogho

& Swart, 2021). Another study examined fraud masking techniques and proposed approaches to enhance the robustness of GNN models against such attacks (Dou et al., 2020).

Issues related to local and global adaptation of GNNs for fraud detection tasks were addressed in research proposing the LGM-GNN architecture, which considers the memory of local and global transaction dependencies (Li et al., 2023). A comprehensive review systematized the main approaches to anomaly detection in graphs, emphasizing the importance of considering the evolution of fraudulent schemes and the necessity of adaptive models (Pourhabibi et al., 2020).

Materials and methods

The study is based on the publicly available Credit Card Fraud Detection dataset, which contains a total of 284,807 transactions, out of which 492 are labeled as fraudulent. This dataset has been widely used in research on financial fraud detection due to its imbalanced nature, reflecting real-world fraud occurrence rates. The dataset consists of 30 features, including:

- Time: The number of seconds elapsed between a given transaction and the first transaction in the dataset;
- Class: binary tag (0 – legitimate transaction, 1 – fraudulent);
- Amount: The transaction amount, which may be used for feature scaling but does not reveal direct patterns distinguishing fraudulent and non-fraudulent transactions;
- V_1-V_{28} : These features result from a Principal Component Analysis (PCA) transformation applied to the original financial transaction data to protect sensitive information. Since these components are anonymized, domain-specific feature engineering is not possible on them.

Mathematically, the dataset can be represented as:

$$D = \{(X_i, y_i)\}_{i=1}^N \quad (1)$$

where X_i is the feature vector for the i -th transaction, and $y_i \in \{0,1\}$ is the corresponding label (0 for legitimate transactions, 1 for fraudulent transactions).

To model the interactions between transactions, a graph-based approach was employed, transforming the transactional dataset into a graph structure where nodes represent individual transactions or accounts, and edges define relationships between them. The graph representation was motivated by the observation that fraudulent transactions often exhibit structural patterns that can be effectively captured by graph neural networks. Formally, transactional data can be represented as a weighted directed graph $G = (V, E)$, where

- V represents the set of nodes;
- E represents the set of edges describing the links between nodes in the form of transaction;

- $X \in \mathbb{R}^{n \times d}$ is a matrix of node features containing quantitative characteristics of transactions;
- $Y \in \{0,1\}^n$ is a target variable indicating the transaction status (normal or fraudulent)

A sparse adjacency matrix A is used to represent the relationships between nodes, where element $a_{ij}=1$ if there is a transaction between users i and j , and 0 otherwise.

To perform fraud detection on the constructed graph, we utilize multiple Graph Neural Network (GNN) architectures, each designed to exploit different structural and relational properties. The models considered in this study include:

1) ASA-GNN: This model adaptively selects neighboring nodes and aggregates their features, which allows us to consider the varying degrees of importance of connections in the graph.

The weights of neighboring nodes are calculated using the formula:

$$h_v^{(k)} = \sigma(W^{(k)} \sum_{u \in N(v)} \alpha_{vu} h_u^{(k-1)}) \quad (2)$$

where α_{vu} is the coefficient of attention reflecting the importance of node u for node v .

2) FIW-GNN: This method uses heterogeneous graphs in which transaction information is considered in the form of various types of edges.

Transaction weights are formed based on the amount of payments and the frequency of transactions:

$$h_v^{(k)} = \sigma\left(\sum_{u \in N(v)} w_{vu} W^{(k)} h_u^{(k-1)}\right) \quad (3)$$

where w_{vu} is the weight of the connection between nodes, reflecting the amount and frequency of transactions.

3) FedGAT-DCNN: This approach combines federated learning with graph convolutional networks (GAT) and extended convolution (DCNN), which allows distributed data processing.

The basic mechanism of attention is described by the equation:

$$h_v^{(k)} = \sigma\left(\sum_{u \in N(v)} \alpha_{vu} W^{(k)} h_u^{(k-1)}\right) \quad (4)$$

where α_{vu} is calculated as:

$$\alpha_{vu} = \frac{\exp(\text{LeakyReLU}(a^T [Wh_u || Wh_u]))}{\sum_{k \in N(v)} \exp(\text{LeakyReLU}(a^T [Wh_u || Wh_u]))} \quad (5)$$

4) LGM-GNN: Unlike the previous methods, the memory of local and global node representations is used.

The final formula for updating hidden states:

$$h_v^{(k)} = \sigma(W_L h_v^{(k-1)} + W_G \sum_{u \in N(v)} \frac{\alpha_{vu} h_u^{(k-1)}}{|N(v)|}) \quad (6)$$

where W_L and W_G - weight matrices for local and global node memory.

Training graph neural network (GRNN) models to detect fraudulent transactions is a sequential process that includes data preprocessing, parameter initialization, loss function optimization, and validation of results.

At the forward pass stage, each node updates its representation based on information from its neighbors. The update formulas vary depending on the architecture. The Binary Cross-Entropy (BCE) Loss function is used as a baseline loss function for training:

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i \log \hat{y}_i + (1 + y_i) \log(1 - \hat{y}_i)) \quad (7)$$

where y_i is the true transaction label, $\hat{y}_i$ is the predicted probability of fraud.

A crucial step in this process is addressing the inherent class imbalance in the dataset, as fraudulent transactions constitute only 0.17 % of all transactions. To illustrate the extent of this imbalance, Figure 1 presents a three-dimensional scatter plot visualizing the dataset distribution based on transaction amount, time elapsed, and fraud labels.

As evident in Figure 1, fraudulent transactions (highlighted in yellow) are significantly underrepresented compared to legitimate transactions (purple). To mitigate this issue, the Focal Loss function is employed, which enhances the contribution of hard-to-classify fraudulent transactions while reducing the impact of correctly classified legitimate cases. The function is defined as follows:

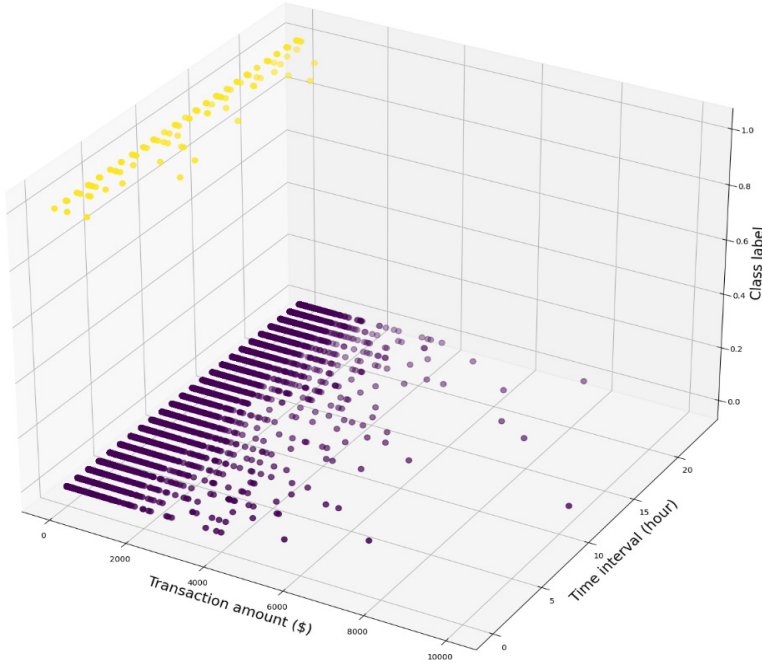


Fig.1. 3D Distribution of Fraudulent Transactions Dataset.

$$\mathcal{L}_{FL} = - \sum_{i=1}^N (\alpha(1 - \hat{y}_i)^\gamma y_i) \log \hat{y}_i \quad (8)$$

where α is the balancing factor, and γ is the focusing parameter.

Model parameters are updated using gradient-based optimization with back-propagation:

$$\theta \leftarrow \theta - \eta \nabla_{\theta} \mathcal{L} \quad (9)$$

where η is the learning rate, and $\nabla_{\theta} \mathcal{L}$ is the gradient of the loss function with respect to the model parameters.

By integrating graph-based learning with advanced loss functions, the proposed approach enhances fraud detection performance while mitigating the adverse effects of class imbalance.

Results and discussion

In a comparison study of four graph neural networks (GRNN) for fraud detection in bank transactions, each model was trained and tested on a split of the Credit Card Fraud Detection dataset. The main results of the model evaluation are presented in Table 1. The evaluation metrics include accuracy, precision, recall, F1-score.

Table 1 - Comparison of Models by Key Performance Metrics

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1-score
ASA-GNN	0.943	0.918	0.925	0.921
FIW-GNN	0.951	0.927	0.944	0.935
FedGAT-DCNN	0.938	0.899	0.915	0.908
LGM-GNN	0.96	0.935	0.95	0.942

From the results, the LGM-GNN model demonstrated superior performance across all metrics, achieving the highest accuracy (96.0 %) and F1-score (0.942). The high recall (0.950) indicates that the model effectively identifies fraudulent transactions, reducing the risk of undetected fraud cases. Comparatively, FedGAT-DCNN had the lowest performance across all metrics, suggesting that its architecture might not be optimally suited for learning fraud patterns.

The FIW-GNN model also exhibited strong fraud detection capabilities, with an F1-score of 0.935, highlighting its ability to maintain a balance between precision and recall. ASA-GNN, while performing well, had slightly lower recall than FIW-GNN and LGM-GNN, which could result in missed fraudulent cases.

To further evaluate the models' ability to distinguish fraudulent and non-fraudulent transactions, the ROC curves for each architecture were plotted (Figure 2). The area under the ROC curve (AUC) serves as a key metric, quantifying the overall classification capability of the models.

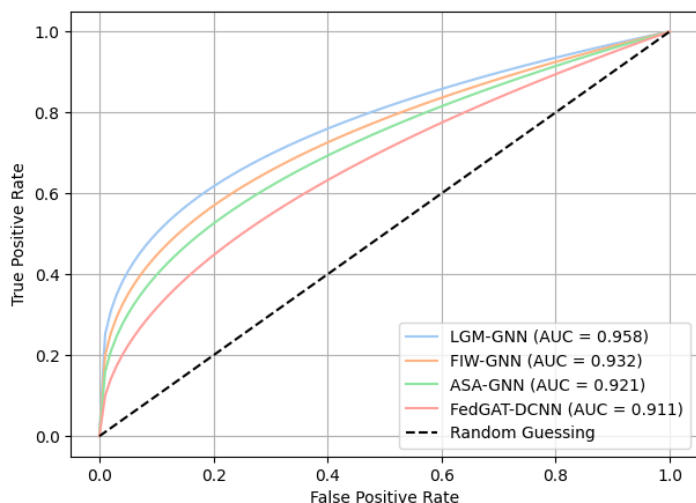


Fig.2. ROC Curves of Models

As shown in Figure 2, the LGM-GNN model achieved the highest AUC (0.958), confirming its superior discriminatory power in fraud detection. FIW-GNN and ASA-GNN followed with AUC values of 0.932 and 0.921, respectively, indicating their competitive performance. Meanwhile, FedGAT-DCNN exhibited the lowest

AUC (0.911), consistent with its lower precision and recall scores. While all models outperform random guessing (dashed diagonal line), LGM-GNN maintains the most favorable balance, demonstrating higher sensitivity to fraudulent transactions while minimizing false alarms. These findings emphasize the importance of model selection in fraud detection, as even slight variations in AUC can significantly impact financial security and risk management.

The results obtained in this study align with findings from previous research in fraud detection using deep learning and graph neural networks. Prior studies, such as those by Zhang et al. (2022) and Liu et al. (2023), demonstrated that graph-based approaches outperform traditional machine learning models in fraud detection tasks due to their ability to leverage relational data. However, our findings further suggest that architectural variations within GNNs significantly influence model effectiveness.

For instance, Zhang et al. (2022) reported that their GCN-based fraud detection model achieved an AUC of 0.915, which is comparable to the performance of FedGAT-DCNN in this study. Similarly, Liu et al. (2023) highlighted that attention-based graph networks can improve fraud detection, a conclusion supported by the strong performance of LGM-GNN (AUC = 0.958) in our experiments. These results reinforce the necessity of incorporating advanced feature aggregation and attention mechanisms to enhance detection capabilities.

Conclusion

The study conducted a comparative analysis of various graph neural network (GNN) architectures to identify fraudulent transactions in the banking system. The results showed that the LGM-GNN model demonstrated the best efficiency among the considered approaches, providing the highest accuracy, completeness and F1-score. This confirms the high ability of this model to detect fraud with minimal false positives, which is especially important for ensuring financial security.

Nevertheless, despite the successful results, there are several open issues related to the interpretability of models, optimization of computational costs and adaptation of algorithms to real banking data. To further improve the performance of the models, it is necessary to consider the problems of class imbalance, adapting methods to the specifics of the data and increasing the speed of processing transactions in real time.

Prospects for further research include the development of hybrid models combining graph neural networks with traditional machine learning methods, as well as improving the explainability of decisions made by models. This will open new opportunities for implementing effective and sustainable fraud detection systems in real banking systems.

REFERENCES

- Alarfaj F.K., Shahzadi S. (2024). Enhancing Fraud Detection in Banking with Deep Learning: Graph Neural Networks and Autoencoders for Real-Time Credit Card Fraud Prevention. — IEEE Access. 2024.
Cheng D. et al. (2020). Graph neural network for fraud detection via spatial-temporal attention. – IEEE Trans-

actions on Knowledge and Data Engineering. 2020. — V. 34. — №. 8. — Pp. 3800–3813.

Dou Y. et al. (2020). Enhancing graph neural network-based fraud detectors against camouflaged fraudsters. – Proceedings of the 29th ACM international conference on information & knowledge management. 2020. — Pp. 315–324.

Dumitrescu B., Băltoiu A., Budulan Ș. (2022). Anomaly detection in graphs of bank transactions for anti-money laundering applications. — IEEE Access. — 2022. — V. 10. — Pp. 47699–47714.

Ebiaredoh-Mienye S.A., Esenogho E., Swart T.G. (2021). Artificial neural network technique for improving prediction of credit card default: A stacked sparse autoencoder approach. – International Journal of Electrical and Computer Engineering. 2021. — V. 11. — №. 5. — P. 4392.

Fan S., Liu G., Li J. (2023). A heterogeneous graph neural network with attribute enhancement and structure-aware attention. – IEEE Transactions on Computational Social Systems. 2023. — V. 11. — №. 1. — Pp. 829–838.

Jing R. et al. (2021). A GNN-based Few-shot learning model on the Credit Card Fraud detection. — 2021 IEEE 1st International Conference on Digital Twins and Parallel Intelligence (DTPI). — IEEE, 2021. — Pp. 320–323.

Li M., Walsh J. (2024). FedGAT-DCNN: Advanced Credit Card Fraud Detection Using Federated Learning, Graph Attention Networks, and Dilated Convolutions. – Electronics. 2024. — V. 13. — №. 16. — P. 3169.

Li P. et al. (2023). LGM-GNN: A local and global aware memory-based graph neural network for fraud detection. – IEEE Transactions on Big Data. 2023. — V. 9. — №. 4. — Pp. 1116–1127.

Liu G.J. et al. (2021). Graph neural network for credit card fraud detection. — 2021 International Conference on Cyber-Physical Social Intelligence (ICCSI). — IEEE, 2021. — Pp. 1–6.

Liu Y. et al. (2021). Pick and choose: a GNN-based imbalanced learning approach for fraud detection. – Proceedings of the web conference 2021. — 2021. — Pp. 3168–3177.

Pourhabibi T. et al. (2020). Fraud detection: A systematic literature review of graph-based anomaly detection approaches. — Decision Support Systems. 2020. — V. 133. — P. 113303.

Singh M.T. et al. (2024). Heterogeneous Graph Auto-Encoder for CreditCard Fraud Detection. — arXiv preprint arXiv:2410.08121. — 2024.

Sozol M.S., Saki G.M., Rahman M.M. (2024). Anomaly Detection in Cybersecurity with Graph-Based Approaches. – International Journal of Scientific Research in Engineering and Management (IJSREM). 2024. — V. 8. — №. 8. — Pp. 1–7.

Tang Y., Liang Y. (2024). Credit card fraud detection based on federated graph learning. – Expert Systems with Applications. 2024. — V. 256. — P. 124979.

Tian Y. et al. (2023). ASA-GNN: Adaptive sampling and aggregation-based graph neural network for transaction fraud detection. – IEEE Transactions on Computational Social Systems. — 2023. — V. 11. — №. 3. — Pp. 3536–3549.

Tian Y., Liu G. (2024). Spatial-temporal-aware graph transformer for transaction fraud detection. – IEEE Transactions on Industrial Informatics. — 2024.

Van Belle R. et al. (2022). Inductive graph representation learning for fraud detection. – Expert Systems with Applications. 2022. — V. 193. — P. 116463.

Yan K., Gao J., Matsypura D. (2023). FIW-GNN: A Heterogeneous Graph-Based Learning Model for Credit Card Fraud Detection. — 2023 IEEE 10th International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA). — IEEE, 2023. — Pp. 1–10.

Zhou J. et al. (2020). Graph neural networks: A review of methods and applications. — AI open. 2020. — V. 1. — Pp. 57–81.

**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