

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 (23) 3
шілде- қыркүйек

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

РЕДАКТОР:

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

Международный журнал информационных и коммуникационных технологий

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

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

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

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

Периодичность: 4 раза в год.

Тираж: 100 экземпляров.

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

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

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

© АО Международный университет информационных технологий, 2025

© Коллектив авторов, 2025

EDITOR-IN-CHIEF

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

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

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

ACADEMIC SECRETARY

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

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

EDITOR

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

«International Journal of Information and Communication Technologies»

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Owner: International Information Technology University JSC (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan, Information Committee No. KZ82VPY00020475, issued on 20.02.2020.

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

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 100 copies.

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

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

© International Information Technology University JSC, 2025

© Group of authors, 2025

МАЗМҰНЫ

А.Е. Абдуалиев, Г.Қ. Сембина ГЕНЕТИКАЛЫҚ АЛГОРИТМ ЖӘНЕ БАЙЕСИЯЛЫҚ ГИПЕРПАРАМЕТРЛЕРДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ НЕГІЗІНДЕ АЙМАҚТЫҚ БЮДЖЕТТІ БӨЛҮДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....8	8
А.М. Альжанов, К.Қ. Рахымбек, А.Б. Нугуманова БЛОКЧЕЙННЕН ШАБЫТТАНҒАН КОНСЕНСУС МОДЕЛЬДЕРІ АРҚЫЛЫ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕГІ СУ ТАСҚЫНЫ БОЛЖАМЫНЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН АРТТЫРУ.....24	24
А.З. Айтмагамбетов, С.Ж. Жұмағали, А.С. Инчин, С.М. Трепашко НАВИГАЦИЯЛЫҚ ПЛОМБА МОДУЛЬДЕРІНІҢ ЭНЕРГИЯ ТҰТЫНУЫН БАҒАЛАУ ҮШІН СТЕНД ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ СЫНАУ.....45	45
С. Аманжолова, Г. Мутанов, С. Муханов, О. Усатова, А. Razaque ZABVIX ЖӘНЕ GRAFANA КӨМЕГІМЕН ЖЕЛІЛІК БЕЛСЕНДІЛІКТІ БАҚЫЛАУҒА ЖӘНЕ SQL ИНЪЕКЦИЯЛЫҚ ШАБУЫЛДАРЫН АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН AI-МЕН ЖҰМЫС ІСТЕЙТІН ЖҮЙЕ.....61	61
Н.Ә. Асан, Д.М. Утебаева, А.Е. Қасенхан, Л.М. Илипбаева БІЛІМ БЕРУ ЖҮЙЕЛЕРІНЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТІНІ ЕНГІЗУ.....84	84
О. Бекмурат, В. Сербин, М. Алиманова, Ү. Базарбаева ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕ ЖАСӨСПІРІМДЕРДІҢ СУИЦИДТІК БЕЙІМДІЛІГІН БОЛЖАУ.....100	100
А. Белошицкий, Ю. Андрашко, А. Кучанский, А. Нефтисов, М. Гладка ЖАҢА АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ДАҚЫЛДАРЫН ӨСІРУ БОЙЫНША ЖЫЛЫЖАЙ АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ КӘСІПОРЫНДАРЫНЫҢ ОПЕРАЦИЯЛЫҚ ҚЫЗМЕТІНЕ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУ ҮЛГІСІ.....115	115
Э. Гайсина, А. Кубашева, А. Кумаргалиева, Г. Дашева, П. Шмидт ОНЛАЙН ОҚЫТУ ПЛАТФОРМАЛАРЫНЫҢ ҚАБЫЛДАНУЫНА ЫҚПАЛ ЕТЕТІН ФАКТОРЛАРДЫ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТҰРҒЫСЫНАН ЗЕРТТЕУШ.....133	133
Ележанова, Х. Кутуку, Ш. Коданова, А. Кубашева, Ж. Аманбаева DuckDB МЕН ChromaDB НЕГІЗІНДЕ ҚЫЗМЕТКЕРЛЕР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕРДІ ӨНДЕУДЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ.....145	145
А.К. Калдарова, М.А. Васкез СТУДЕНТТЕРДІҢ СӨЗДІК ҚОРЫН ДАМУ: WORDWALL ПЛАТФОРМАСЫ НЕГІЗІНДЕГІ ИНТЕРАКТИВТІ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІНІҢ ҰҚПАЛЫ.....173	173
К.В. Колесникова, А.В. Нефтисов, И.М. Казамбаев, Т.М. Олех, Ж. Әбдібаев, МӘЛІМЕТТЕРДІ ИНТЕГРАЦИЯЛАУДЫҢ МӘСЕЛЕЛЕР АРАЛЫҚ СУ РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУДАҒЫ ӘДІСТЕМЕЛІК ҚАҒИДАТТАРЫ.....186	186
Л. Курманғазиева, О. Финдик, В. Махатова, Д. Құдабаева, А. Маратұлы ОБЪЕКТІЛЕРДІ ТАҢУ ЖӘНЕ ЫҒЫСУЫН БАҚЫЛАУҒА АРНАЛҒАН КОНВОЛЮЦИЯЛЫҚ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІ.....202	202
Г.М. Мауина, Б.Е. Таныкпаева, А.У. Есиркепова, Г.Ж. Өтеген, Х.М. Рай МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІМЕН АГРОӨНЕРКӘСІПТІК ТИІМДІЛІК КӨРСЕТКІШТЕРІ БОЙЫНША СЫРТҚЫ ФАКТОРЛАРДЫ БАҒАЛАУ.....222	222
К.К. Мырзабек, А.Б. Хасен, Ш.М.У. Хан УАҚЫТТЫҚ ЫҚТИМАЛДЫ АВТОМАТТАР НЕГІЗІНДЕ ӨУЕ ҚОЗҒАЛЫСЫН БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІН ТАЛДАУ.....238	238
М.К. Рыспаева, О.С. Салыкова ТРАНСФЕРЛІК ОҚЫТУ МЕН RADIMAGENET САЛМАҚТАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН СИРЕК ПАТОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН GAN ӘДІСІ АРҚЫЛЫ МЕДИЦИНАЛЫҚ БЕЙНЕЛЕРДІ ГЕ НЕРАЦИЯЛАУ.....254	254
Б. Синчев, А. Синчев, Н. Бахтгерейұлы, А. Муханова	

МЫҢЖЫЛДЫҚ МӘСЕЛЕСІНІҢ ШЕШІМДІЛІГІ: Р ЖӘНЕ NR.....	270
М.У. Сулейменова, Д.М. Мұхаммеджанова, А.С. Бижанова	
ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕ ТЕРІНІ ДИАГНОСТИКАЛАУ ЖӘНЕ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ОҒАН КҮТІМ ЖАСАУДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....	278
А. Тлеубаев, С.Е. Керімқұл, А. Адалбек, Ж.С. Асанова, К.Д. Кулиев	
АНАЛИТИКАЛЫҚ ИЕРАРХИЯ ПРОЦЕСІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ТЕХНИКАСЫН БАҒАЛАУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ТӘСІЛІ.....	289
М. Уразғалиева, Х.И. Бюльбюль, Б. Утенова, А. Майлыбаева, А. Муханбетқалиева	
КӨРНЕКІ ДЕРЕКТЕРДІ КОЛОРИЗАЦИЯЛАУ ҮШІН АВТОКОДЕР НЕГІЗІНДЕГІ НЕЙРОЖЕЛІЛІК МОДЕЛЬДІ ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ОҚЫТУ.....	303
Р.К. Ускенбаева, Ж.Б. Кальпеева, А.Н. Молдагулова, А.Б. Касымова, Р.Ж. Сатыбалдиева	
ӨНДІРУШІЛЕР МЕН ИМПОРТТАУШЫЛАРҒА АРНАЛҒАН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУҒА НЕГІЗДЕЛГЕН НЕСИЕЛІК БАҒАЛАУ.....	323

СОДЕРЖАНИЕ

А.Е. Абдуалиев, Г.К. Сембина	
ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО БЮДЖЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА И БАЙЕСОВСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ГИПЕРПАРАМЕТРОВ.....	8
А.М. Альжанов, К.К. Рахымбек, А.Б. Нугуманова	
ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАВОДНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНСЕНСУСНЫХ МОДЕЛЕЙ, ВДОХНОВЛЁННЫХ БЛОКЧЕЙНОМ.....	24
А.З. Айтмагамбетов, С.Ж. Жумағали, А.С. Инчин, С.М. Трепашко	
РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ СТЕНДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ МОДУЛЕЙ НАВИГАЦИОННОЙ ПЛОМБЫ.....	45
С. Аманжолова, Г. Мутанов, С. Муханов, О. Усатова, А. Razaque	
СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СЕТЕВОЙ АКТИВНОСТИ И ОБНАРУЖЕНИЯ SQL-ИНЪЕКЦИЙ НА БАЗЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ZABBIX И GRAFANA.....	61
Н.А. Асан, Д.М. Утебаева, А.Е. Касенхан, Л.М. Илипбаева	
ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ.....	84
О. Бекмурат, В. Сербин, М. Алиманова, У. Базарбаева	
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СУИЦИДАЛЬНЫХ НАКЛОННОСТЕЙ ПОДРОСТКОВ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	100
А. Белоощицкий, Ю. Андрашко, А. Кучанский, А. Нефтисов, М. Гладка	
МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЕПЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НОВЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР.....	115
Э. Гайсина, А. Кубашева, А. Кумарғалиева, Г. Дашева, Р. Schmidt	
ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРИНЯТИЕ ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМ ОБУЧЕНИЯ, С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	133
Ш. Ележанова, Х. Кутуку, Ш. Коданова, А. Кубашева, Ж. Аманбаева	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В ОБРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИИ О СОТРУДНИКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ DuckDB и ChromaDB.....	145
А.К. Калдарова, М.А. Васкес	
РАСШИРЕНИЕ СЛОВАРНОГО ЗАПАСА У СТУДЕНТОВ: ВЛИЯНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ОБУЧАЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ НА ОСНОВЕ WORDWALL.....	173
К.В. Колесникова, А.В. Нефтисов, И.М. Казамбаев, Т.М. Олех, Ж. Абдибаев	
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИНТЕГРАЦИИ ДАННЫХ В УПРАВЛЕНИИ ТРАНСГРАНИЧНЫМИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ.....	186

Л. Курмангазиева, О. Финдик, В. Махатова, Д. Кудабасева, А. Маратулы СВЕРТОЧНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ И ОТСЛЕЖИВАНИЯ СМЕЩЕНИЙ ОБЪЕКТОВ.....	202
Г.М. Мауина, Б.Е. Таныкпаева, А.У. Есиркепова, Г.Ж. Өтеген, Х.М. Рай ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОПРОМЫШЛЕННОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕ НИЯ.....	222
К.К. Мырзабек, А.Б. Хасен, Ш.М.У. Хан АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРОЯТНОСТНЫХ АВТОМАТОВ С ВРЕМЕННЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ.....	238
М.К. Рыспаева, О.С. Салыкова ГЕНЕРАЦИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ GAN ДЛЯ РЕДКИХ ПАТОЛОГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАНСФЕРНОГО ОБУЧЕНИЯ И ВЕСОВ RADIMA GENET.....	254
Б. Синчев, А. Синчев, Н. Бахтгерейулы, А. Муханова РАЗРЕШИМОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ P ПРОТИВ NP.....	270
М.У. Сулейменова, Д.М. Мухаммеджанова, А.С. Бижанова ДИАГНОСТИКА КОЖИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ОПТИМИЗАЦИЯ УХОДА ЗА НЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ...278	
А.Б. Тлеубаев, С.Е. Керимкулов, А. Адалбек, Ж.С. Асанова, К.Д. Кулиев ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССА АНАЛИТИЧЕСКОЙ ИЕРАРХИИ.....	289
М. Уразгалиева, Х.И. Бюльбюль, Б. Утенова, А. Майлыбаева, А. Муханбеткалиева РАЗРАБОТКА И ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ АВТОКОДИРОВЩИКА ДЛЯ КОЛОРИЗАЦИИ ВИЗУАЛЬНЫХ ДАННЫХ.....	303
Р.К. Ускенбаева, Ж.Б. Кальпеева, А.Н. Молдагулова, А.Б. Касымова, Р.Ж. Сатыбалдиева КРЕДИТНЫЙ СКОРИНГ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ИМПОРТЕРОВ.....	323

CONTENTS

A.E. Abdualiyev, G.K. Sembina OPTIMIZATION OF REGIONAL BUDGET ALLOCATION USING GENETIC ALGORITHM AND BAYESIAN HYPERPARAMETER OPTIMIZATION.....	8
A. Alzhanov, K. Rakhymbek, A. Nugumanova IMPROVING ROBUSTNESS IN AI FLOOD FORECASTING VIA BLOCKCHAIN-INSPIRED CONSENSUS MODELS	24
A.Z. Aitmagambetov, S.Zh. Zhumagali, A.S. Inchin, S.M. Trepashko DEVELOPMENT AND TESTING OF A STAND FOR EVALUATING THE ENERGY CONSUMPTION OF NAVIGATION SEAL MODULES.....	45
S. Amanzholova, G. Mutanov, S. Mukhanov, O. Ussatova, A. Razaque AI-POWERED SYSTEM FOR NETWORK ACTIVITY MONITORING AND DETECTION OF SQL INJECTION ATTACKS USING ZABBIX AND GRAFANA.....	61
N. Assan, D. Utebayeva, A. Kassenkhan, L. Ilipbayeva INTRODUCTION OF AI IN EDUCATION SYSTEMS.....	84
O. Bekmurat, V. Serbin, M. Alimanova, U. Bazarbayeva AI-BASED PREDICTION OF ADOLESCENT SUICIDAL TENDENCIES.....	100
A. Biloshchytskyi, Y. Andrashko, O. Kuchanskyi, A. Neftissov, M. Gladka DECISION-MAKING MODEL FOR GREENHOUSE AGRICULTURAL ENTERPRISE OP- ERATIONS IN THE CASE OF CULTIVATING NEW AGRICULTURAL CROPS.....	115
E. Gaisina, A. Kubasheva, A. Kumargaliyeva, G. Dasheva, P. Shmidt INVESTIGATING FACTORS INFLUENCING THE ADOPTION OF ONLINE LEARNING PLATFORMS FROM AN INFORMATION TECHNOLOGY PERSPECTIVE.....	133



Sh. Yelezhanova, H. Kutucu, Sh. Kodanova, A. Kubasheva, Zh. Amanbayeva APPLICATION OF INTELLIGENT DATA ANALYSIS METHODS TO EMPLOYEE INFORMATION PROCESSING USING DuckDB and ChromaDB.....	145
A.K. Kaldarova, M.A. Vasquez ENHANCING VOCABULARY ACQUISITION IN STUDENTS: THE IMPACT OF WORD-WALL-BASED INTERACTIVE LEARNING TOOLS.....	173
K.V. Kolesnikova, A.V. Neftissov, I.M. Kazambayev, T.M. Olekh, Zh. Abdibayev, METHODOLOGICAL APPROACH TO DATA INTEGRATION IN TRANSBOUNDARY WATER RESOURCES MANAGEMENT.....	186
L. Kurmangazyeva, O. Findik, V. Makhatova, D. Kudabayeva, A. Maratuly CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR RECOGNITION AND TRACKING OF OBJECT DISPLACEMENTS.....	202
G. Mauina, B. Tanykpayeva, A. Yessirkepova, G. Otegen, H.M. Rai EVALUATION OF EXTERNAL FACTORS ON AGROINDUSTRIAL EFFICIENCY INDICATORS USING MACHINE LEARNING METHODS.....	222
K. Myrzabek, A. Khassen, S. Khan PROBABILISTIC TIMED AUTOMATA ANALYSIS OF AIR TRAFFIC CONTROL SYSTEMS...	238
M.K. Ryspayeva, O.S. Salykova GAN-BASED MEDICAL IMAGE GENERATION FOR RARE PATHOLOGIES USING TRANSFER LEARNING AND RADIMAGENET WEIGHTS.....	254
B. Sinchev, A. Sinchev, N. Bakhtgereiuly, A. Mukhanova SOLVABILITY OF THE MILLENNIUM PROBLEM: P VS NP.....	270
M.U. Suleimenova, D.M. Mukhammejanova, A.S. Bizhanova AI-BASED SKIN DIAGNOSTICS AND SKINCARE OPTIMIZATION USING MACHINE LEARNING.....	278
A.B. Tleubayev, S.E. Kerimkhulle, A. Adalbek, Z.S. Assanova, K.D. Kuliev AN INTELLIGENT APPROACH TO EVALUATING AGRICULTURAL MACHINERY BASED ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS.....	289
M. Urazgaliyeva, H.İ. Bülbül, B. Utenova, A. Mailybayeva, A. Mukhanbetkaliyeva DEVELOPMENT AND TRAINING OF A NEURAL NETWORK AUTOENCODER MODEL FOR VISUAL DATA COLORIZATION.....	303
R.K. Uskenbayeva, Zh.B. Kalpeyeva, A.N. Moldagulova, A.B. Kassymova, R.Zh. Satybaldiyeva MACHINE LEARNING-BASED CREDIT SCORING FOR MANUFACTURERS AND IMPORTERS.....	323



GAN-BASED MEDICAL IMAGE GENERATION FOR RARE PATHOLOGIES USING TRANSFER LEARNING AND RADIMAGENET WEIGHTS

M.K. Ryspayeva^{1,2}, O.S. Salykova¹*

¹Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University, Kostanay, Kazakhstan;

²Astana IT University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: marya.rysl@mail.ru

Ryspayeva Marya — doctoral student, Department of Software, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University; lecturer, Department of Computer Engineering, Astana IT University, Astana, Kazakhstan

E-mail: marya.rysl@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5055-4149>;

Salykova Olga — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Department of Software, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University, Kostanay, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-8681-4552>.

© M.K. Ryspayeva, O.S. Salykova

Abstract. Incorporating Artificial Intelligence into medical imaging has opened new avenues for addressing the longstanding challenge of class imbalance within diagnostic datasets, most specifically in mammography, where malignant examples are underrepresented. This work presents a GAN-based framework specifically designed for generating high-fidelity, low-population pathological classes of synthetic mammography images, thereby enhancing the availability of data for improving diagnostic model learning and generalization. The presented method comprises a dual-branch discriminator system, with one branch utilizing a DenseNet121 network pretrained on RadImageNet dataset to extract domain-relevant features. A Wasserstein GAN with Gradient Penalty (WGAN-GP) is utilized throughout the entire framework to provide a stable mode for adversarial learning and address issues such as mode collapse. The CBIS-DDSM dataset served as the basis for all experiments carried out, and images were preprocessed for standardized dimensions and further subjected to data augmentation methods for enhancing generalization. Realism and diversity were evaluated for the synthetic images using quantitative measures like the Kernel Inception Distance (KID), Fréchet Inception Distance (FID), Learned Perceptual Image Patch Similarity (LPIPS), and Multi-Scale Structural Similarity

(MS-SSIM). The results confirmed that the optimal balancing between realism and diversity was realized using the value of the gradient penalty weight of $\lambda = 3.0$ and was the optimum across the remainder for the majority of the measures, with the KID attaining 0.1765 and FID attaining 179.35 upon convergence. These results establish the value of incorporating radiology-focused pretrained models within GAN structures and indicate how adjusting the gradient penalties facilitates balancing the realism and diversity trade-off in synthetic medical imaging.

Keywords: Generative adversarial networks; medical image synthesis; minority class balancing; DenseNet121; WGAN-GP; image quality metrics; CBIS-DDSM; RadImageNet weights

For citation: M.K. Ryspayeva, O.S. Salykova. Gan-based medical image generation for rare pathologies using transfer learning and radimagenet weights//International journal of information and communication technologies. 2025. Vol. 6. No. 23. Pp. 254–269. (In Eng.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.23.3.015>.

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

ТРАНСФЕРЛІК ОҚЫТУ МЕН RADIMAGENET САЛМАҚТАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН СИРЕК ПАТОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН GAN ӘДІСІ АРҚЫЛЫ МЕДИЦИНАЛЫҚ БЕЙНЕЛЕРДІ ГЕНЕРАЦИЯЛАУ

М.К. Рыспаева^{1,2}, О.С. Салыкова¹*

¹Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан;

²Astana IT University, Астана, Қазақстан.

E-mail: marya.rysl@mail.ru

Рыспаева Марья — Бағдарламалық қамтамасыз ету кафедрасының докторанты, Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті; Astana IT University, Компьютерлік инженерия департаментінің оқытушысы
E-mail: marya.rysl@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-5055-4149>;

Салыкова Ольга — т.ғ.к., Бағдарламалық қамтамасыз ету кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті
<https://orcid.org/0000-0002-8681-4552>.

© М.К. Рыспаева, О.С. Салыкова

Аннотация. Медициналық бейнелеуге жасанды интеллектіні енгізу диагностикалық деректер жиынтықтарындағы ұзақ уақыт бойы шешілмей келе жатқан сынып теңсіздігі мәселесін шешуге жаңа мүмкіндіктер ашты. Әсіресе, қатерлі ісіктердің үлгілері жеткіліксіз ұсынылған маммография саласында бұл өзекті. Бұл жұмыс сирек кездесетін патологиялық сыныптардың жоғары дәлдікті синтетикалық маммография бейнелерін генерациялауға арнайы жасалған

GAN-негізделген құрылымды ұсынады, соның арқасында диагностикалық модельдерді оқыту мен жалпылауды жақсарту үшін деректердің қолжетімділігі артады. Ұсынылған әдіс екі тармақты дискриминатор жүйесінен тұрады, оның бір тармағы RadImageNet деректер жиынтығында алдын ала үйретілген DenseNet121 желісін қолдана отырып, доменге қатысты ерекшеліктерді бөліп алады. Барлық құрылым бойынша Wasserstein GAN Gradient Penalty (WGAN-GP) әдісі қолданылады, ол қарсылас оқытуды тұрақты жүргізуді қамтамасыз етеді және «mode collapse» сияқты мәселелердің алдын алады. Барлық тәжірибелер CBIS-DDSM деректер жиынтығында жүргізілді, бейнелер стандартталған өлшемдерге дейін алдын ала өңделді және жалпылауды күшейту үшін деректер аугментациясы әдістеріне ұшыратылды. Синтетикалық бейнелердің шынайылығы мен алуан түрлілігі Kernel Inception Distance (KID), Fréchet Inception Distance (FID), Learned Perceptual Image Patch Similarity (LPIPS) және Multi-Scale Structural Similarity (MS-SSIM) сияқты сандық өлшемдер арқылы бағаланды. Нәтижелер шынайылық пен әртүрліліктің оңтайлы тепе-теңдігі градиенттік айыппұлдың $\lambda = 3.0$ мәнінде жүзеге асқанын және көптеген өлшемдер бойынша ең жақсы көрсеткіш бергенін растады, мұнда KID 0.1765-ке, ал FID 179.35-ке жетті. Бұл нәтижелер радиологияға бағытталған алдын ала үйретілген модельдерді GAN құрылымдарына енгізудің құндылығын көрсетеді және градиенттік айыппұл мәндерін реттеу синтетикалық медициналық бейнелеуде шынайылық пен әртүрлілік арасындағы тепе-теңдікті табуға мүмкіндік беретінін айқындайды.

Түйін сөздер: генеративті-қарсыласушы желілер; медициналық бейнелерді синтездеу; аз санды сыныптарды теңгеру; DenseNet121; WGAN-GP; бейне сапасының метрикалары; CBIS-DDSM; RadImageNet салмақтары

Дәйексөздер үшін: М.К.Рыспаева, О.С.Салыкова. Трансферлік оқыту мен radimagenet салмақтарына негізделген сирек патологияларға арналған gan әдісі арқылы медициналық бейнелерді генерациялау//Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы. 2025. Том. 6. № 23. 254–269 бет. (Ағыл). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.23.3.015>.

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

ГЕНЕРАЦИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ GAN ДЛЯ РЕДКИХ ПАТОЛОГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАНСФЕРНОГО ОБУЧЕНИЯ И ВЕСОВ RADIMAGENET

М.К.Рыспаева^{1,2*}, О.С.Салыкова¹

¹Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы, Костанай, Казахстан;

²Astana IT University, Астана, Казахстан.

E-mail: marya.rysl@mail.ru

Рыспаева Марья — докторант PhD, кафедра «Программного обеспечения», Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтурсынова, преподаватель департамента компьютерной инженерии, Астана ИТ университет, Астана, Казахстан

E-mail: marya.rys1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5055-4149>;

Салыкова Ольга — к.т.н., ассоциированный профессор, кафедрf «Программного обеспечения», Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтурсынова, Костанай, Казахстан
<https://orcid.org/0000-0002-8681-4552>.

© М.К. Рыспаева, О.С. Салыкова

Аннотация. Внедрение технологий искусственного интеллекта в медицинскую визуализацию открыло новые возможности для решения давней проблемы дисбаланса классов в диагностических наборах данных, в частности в маммографии, где злокачественные примеры оказываются недостаточно представленными. В данной работе предлагается архитектура на основе GAN, специально разработанная для генерации синтетических маммографических изображений патологий с малочисленными выборками при сохранении их высокой достоверности, что позволяет расширить объем данных и повысить эффективность обучения и обобщающую способность диагностических моделей. Предложенный метод включает систему дискриминаторов из двух ветвей, где одна из ветвей использует сеть DenseNet121, предобученную на наборе данных RadImageNet, для извлечения релевантных доменных признаков. В рамках всей архитектуры применяется Wasserstein GAN с градиентным штрафом (WGAN-GP), что обеспечивает устойчивый режим состязательного обучения и позволяет избежать таких проблем, как коллапс мод. Для проведения экспериментов использовался датасет CBIS-DDSM, изображения которого были предварительно нормированы по размеру и дополнительно подвергнуты методам аугментации данных для повышения обобщающей способности моделей. Реалистичность и разнообразие синтетических изображений оценивались с помощью количественных метрик: Kernel Inception Distance (KID), Fréchet Inception Distance (FID), Learned Perceptual Image Patch Similarity (LPIPS) и Multi-Scale Structural Similarity (MS-SSIM). Результаты показали, что оптимальное соотношение между реалистичностью и разнообразием достигается при значении веса градиентного штрафа $\lambda = 3.0$, которое оказалось наиболее эффективным по большинству метрик. При этом KID составил 0.1765, а FID — 179.35 на этапе сходимости. Полученные данные подтверждают ценность использования предобученных на радиологических изображениях моделей в архитектурах GAN, а также демонстрируют, что корректировка параметров градиентного штрафа позволяет находить баланс между реализмом и разнообразием при генерации синтетических медицинских изображений.

Ключевые слова: генеративно-состязательные сети (GAN); синтез медицинских изображений; балансировка малочисленного класса; DenseNet121; WGAN-GP; метрики качества изображений; CBIS-DDSM; веса RadImageNet

Для цитирования: М.К. Рыспаева, О.С. Салыкова. Генерация медицинских изображений на основе gan для редких патологий с использованием трансферного обучения и весов radimagenet//Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. 2025. Т. 6. No. 23. Стр. 254–269. (На англ.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.23.3.015>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Introduction

The integration of artificial intelligence (AI) in medical imaging has significantly enhanced computer-aided diagnosis (CAD) schemes. Some of the most encouraging recent developments are Generative Adversarial Networks (GANs), whose potential has been confirmed for generating realistic medical images. Such synthetic images offer a solution to the traditional problem of class imbalance in medical databases, where rare pathological conditions are often underrepresented. This impairs diagnosis model performance and generalizability, as there are insufficient minority class samples to guide deep learning schemes for discerning sparse but clinically relevant conditions (Sechopoulos, 2020; Goodfellow, 2014). Balancing datasets with synthetic, high-quality images of underrepresented pathologies has been shown to enhance both the robustness and accuracy of CAD systems.

Despite the ever-growing corpus of research exploring GAN-based medical image synthesis, several limitations persist unresolved. Existing methodologies are often presented with structural inflexibility and fail to achieve the optimal results for the task of synthesizing images of rare pathologies. Moreover, comparatively few methodologies employ pretrained backbones to ensure that results produced are compared against clinically significant features, and they do not all equally apply general quality metrics for examining image diversity and realism beyond visual observation (Ryspayeva, 2024; Negi, 2020; Haq, 2023; Shah, 2024).

A significant weakness of typical GAN pipelines is to use ImageNet-pretrained networks (e.g., VGG19) for feature extraction and perceptual loss (Guan, 2019; Chaudhury, 2023). As great as these networks are for natural image domains, they are not sufficient for radiologic images due to the intrinsic differences between medical and natural images in terms of texture, contrast, and structural content. To overcome the weakness of ImageNet pretraining for medical use cases, Mei et al. (Mei, 2022) introduced RadImageNet, a large-scale radiologic image database comprising over 1.3 million grayscale CT, MRI, and ultrasonography images. RadImageNet-pretrained models have outperformed ImageNet-pretrained models on numerous medical classification tasks, such as bone age estimation, pneumonia, ACL tear, and COVID-19 classification. Nevertheless, RadImageNet has several known weak-

nesses, including decreased image resolution, single-label annotation, and decreased class taxonomy.

Papers have also started evaluating the capacity of RadImageNet-pretrained networks, most significantly for breast imaging. Kassahun et al. (Kassahun, 2024), for example, combined DenseNet121, initialized from RadImageNet weights, into an OPTIMAM mammography database two-stage detection and classification framework. Their RadImageNet-pretrained YOLOv5m achieved 0.718 mAP@0.5 and 0.97 TPR for an FPPI of 0.85, outperforming transformers and other variants of YOLO. Although VGG-16 slightly underperformed in classification results, it exhibited perfect generalization for class imbalance. In related work, Remzan et al. (Remzan, 2024) compared RadImageNet and ImageNet weights for binary classifiers of breast cancer using ResNet50, DenseNet121, and EfficientNetB0 based on ultrasonography images. RadImageNet surpassed ImageNet for all evaluation measures in all events, wherein ResNet50 achieved 0.936 AUC and 0.89 accuracy, more than conclusively establishing the benefits of pretraining for a domain.

Related work also includes Zhu et al. (Zhu, 2024), who employed RadImageNet-pretrained CNNs under deep learning radiomics (DLR) models for classifying receptor status (ER, PR, HER2) and nuclear grade for ductal carcinoma in situ (DCIS). They achieved higher AUCs than ImageNet baselines, particularly for HER2+ and PR+ classification, but their performance was limited due to the class imbalance in the dataset. Nehary et al. (Nehary, 2023) also assessed the weights of RadImageNet and ImageNet for several CNN architectures as classifiers of COVID-19 from lung ultrasound videos. While ImageNet-pretrained networks exhibited better performance for frame-based ResNet50 and DenseNet121 classification, RadImageNet-based Inception models demonstrated better-performing video-level results based on random and non-adjacent frame selection strategies, which exhibit architecture-specific advantages.

While RadImageNet has been effective for classification, applying RadImageNet to medical image synthesis remains underexplored. Current GAN-organized models have not examined RadImageNet backbones for increased fidelity and clinical validity of artificially created medical images. This is an area of significant shortfall, as RadImageNet-matched features have the potential to maximize GAN performance for radiologic applications.

This work fills the gap by providing a GAN method for medical image synthesis, specifically targeting underrepresented pathological classes in mammography using RadImageNet weights and Transfer Learning. It has individual modules for preprocessing, generator, discriminator, training, and quality evaluation. Incorporation of RadImageNet weights makes the proposed approach original. RadImageNet weights are integrated into the discriminator as part of an otherwise frozen DenseNet121 network, allowing for a clinically informed feature space that is better suited to medical imaging morphology than ImageNet weights. This approach enables the more accurate extraction of subtle pathological features, thereby producing synthetic

images that are more clinically realistic and relevant for diagnosis.

Stable training is achieved by applying the Wasserstein GAN with Gradient Penalty (WGAN-GP) framework (Arjovsky, 2017). The synthetic images are objectively evaluated using available measures, including Kernel Inception Distance (KID) (Binkowski, 2018), Fréchet Inception Distance (FID) (Heusel, 2017), Learned Perceptual Image Patch Similarity (LPIPS) (Zhang, 2018), and Multi-Scale Structural Similarity Index (MS-SSIM) (Wang, 2004). These measures collectively consider both the fidelity and diversity of the output being generated.

Methods and Materials

Dataset

The methodology began with the pre-processing of the Curated Breast Imaging Subset of the Digital Database for Screening Mammography (CBIS-DDSM), which consisted of mammography images of neoplasms and calcifications (Sawyer-Lee, 2019) (Fig. 1 a, b). All images were resized to 224x224 uniform pixels using bicubic interpolation. Pixel values were normalized to the range of $[-1, 1]$ and saved as PNG files. There are two classes: benign (0) and malignant (1) as class labels. The stratified sampling method-maintained class balance while distributing the images between training sets (80 %) and test sets (20 %). 718 images presented as benign cases, and 509 as malignant cases. For the generalizability of the data, augmentation processes such as horizontal flipping, random cropping, and Gaussian noise injection were applied. Since the CBIS-DDSM is publicly available and fully anonymized, ethical approval of the study was not necessary.

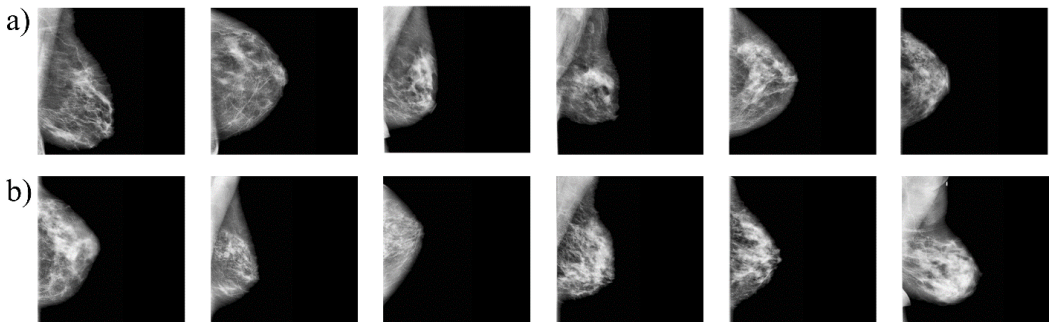


Fig. 1. Visual comparison of benign (a) and malignant (b) mammography samples from the CBIS-DDSM dataset

GAN Architecture Overview

The approach presented in this paper provides a GAN architecture specifically intended for creating medical images from minority pathological classes (Ryspayeva, 2023, Ryspayeva, 2025). The system has five modules: preprocessing, generator, discriminator, training, and evaluation. Each module has a special role and is responsible for the flexibility, adaptability, and clinical usefulness of the resultant images (Fig. 2).

The Data Preprocessing Module (Fig. 2a) prepares medical imaging dataset for GAN training through the following steps:

- Loading and normalization: raw grayscale images are loaded and normalized to a consistent intensity distribution to facilitate stable training.
- Resizing: all images are resized to a standardized resolution of 224×224 pixels to ensure uniform input dimensions across the pipeline.
- Channel expansion: the pre-trained networks usually input three channels; the single-channel mammographic images are converted into three equal channels.
- Augmentation: data augmentation methods such as flipping, rotation, and contrast alteration enhance the variability within the dataset and minimize overfitting.
- Filter class selection: to handle class imbalance issues, a filter step separates rare pathological instances (minority classes), allowing targeted generation during training time.

The Generator Module (Fig. 2b) aims to synthesize a real medical image of size 224×224 from a latent noise vector. It is given a latent vector of dimensionality equal to 100 as a random variable from a standard Gaussian distribution and fed through the subsequent pipeline (Fig. 3):

1. A Dense layer and a subsequent Reshape operation to create an initial $7 \times 7 \times 256$ feature map.
2. A series of Conv2DTranspose blocks (each followed by Batch Normalization and LeakyReLU activation function) increasingly upscale the feature maps to higher resolutions (14×14 , 28×28 , ..., 224×224).
3. The last Conv2DTranspose layer has a Tanh activation function that gives the resultant image in the normalized range $[-1, 1]$.

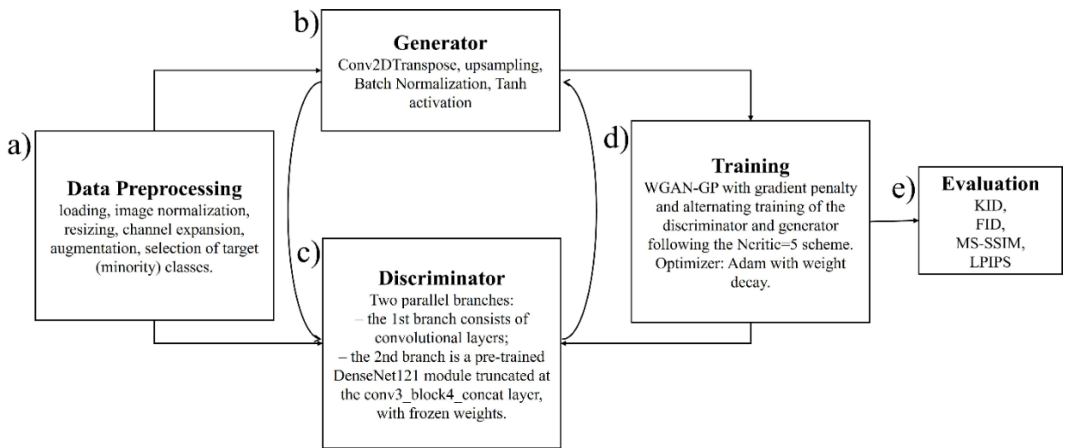


Fig. 2. Overview of the proposed GAN-based synthetic medical image generation architecture. The pipeline includes (a) data preprocessing, (b) a generator with Conv2DTranspose layers, (c) a dual-branch discriminator incorporating a pre-trained DenseNet121, (d) a WGAN-GP training strategy with alternating updates, and (e) a multi-metric evaluation using KID, FID, MS-SSIM, and LPIPS

The architecture enables smooth gradient flow and high-fidelity generation through progressive refinement and regularization, utilizing batch normalization.

The Discriminator Module (Fig. 2c) is designed to enhance the assessment of

image authenticity by leveraging two complementary branches (Fig. 4):

Convolutional Branch (1st Branch): A traditional CNN takes the input image through a series of Conv2D, Residual Blocks, and LeakyReLU layers to extract spatial features hierarchically. The Convolutional Branch extracts texture and structural details related to real/synthetic discrimination.

Diagnostic Branch (2nd Branch): A pre-trained DenseNet121 model is adopted to extract domain-related low- and mid-level features applicable for medical diagnosis, which are truncated at the conv3_block4_concat layer and fixed during the training phase.

The feature vectors from both branches are flattened and concatenated to form a combined representation. A fully connected layer then produces a scalar output in the range $[0, 1]$, indicating the probability that the input image is real.

Training Procedure

The training process of the proposed GAN-based framework (Fig. 2d) follows the Wasserstein GAN with Gradient Penalty (WGAN-GP) formulation to ensure stable convergence and mitigate common training instabilities, such as mode collapse. As a critic, the discriminator is trained to approximate the Wasserstein distance between the real and generated image distributions. To enforce the Lipschitz continuity condition, a gradient penalty is applied to interpolated samples, which penalizes deviations of the gradient norm from unity. This regularization technique contributes to smoother optimization and more stable generator updates (Arjovsky, 2017).

The training loop alternates the update strategy, updating the discriminator five times for every generator update ($N_{critic} = 5$). This keeps the discriminator as a strong evaluator, providing relevant feedback in the early and middle phases of training. The networks are optimized by the Adam optimizer with a learning rate decay schedule to promote long-term convergence and reduce oscillations in the final phase of training.

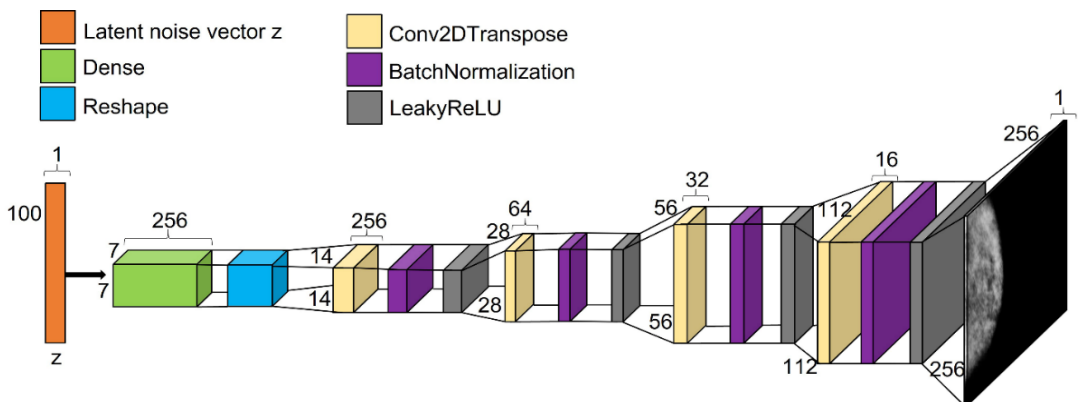


Fig. 3. The generator architecture used in the proposed model. The model inputs a 100-dimensional latent vector z and feeds it through a Dense + Reshape layer followed by multiple Conv2DTranspose blocks with the addition of Batch Normalization and LeakyReLU. The final output is a Tanh-activated image of size 224×224

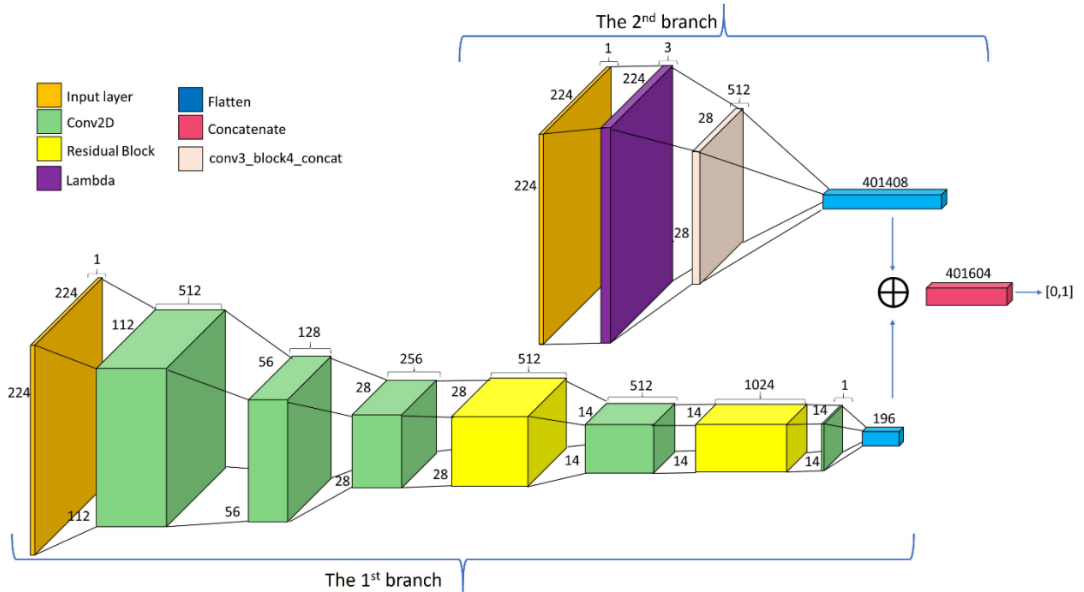


Fig. 4. Structure of the dual-branch discriminator module. The bottom first branch is a custom CNN comprising Conv2D and Residual Blocks. The flattened responses are combined and passed through a fully connected layer to discriminate images as real or fake. The top second branch embeds a pre-trained DenseNet121 model cut at the layer of conv3_block4_concat with frozen weights.

Evaluation Metrics

A multi-metric test protocol is used to quantitatively evaluate the realism and variety of the synthesized images (Fig. 2, e). As the first evaluation metric, the KID provides an unbiased estimate of the similarity between real and synthetic data distributions (Binkowski, 2018). The FID is a secondary distributional similarity metric based on the statistics of the deep features (Heusel, 2017). Additionally, MS-SSIM and LPIPS are employed for visual and perceptual quality evaluation (Zhang, 2018; Wang, 2004). This union of training methods and evaluation criteria guarantees not only the visual realism of the acquired images but also their diagnostic plausibility and architectural soundness, prerequisites for their later use in the clinic. The research employs “real–fake” and “fake–fake” types of LPIPS and MS-SSIM measures. Real–fake analysis refers to the comparison between synthetic images and natural samples based on perceived as well as structural similarity, where image fidelity is represented. In contrast, the fake–fake comparison measures the diversity among generated samples, indicating whether the generator avoids mode collapse and captures a wide range of pathological variations.

Experiments and results

Extensive training experiments were conducted on the CBIS-DDSM dataset over 1000 epochs. The influence of the gradient penalty weight (λ) in the WGAN-GP training was evaluated at three levels: $\lambda = 0.5$ (weak penalty), $\lambda = 3.0$ (moderate penalty), and $\lambda = 5.0$ (substantial penalty). These values were selected to explore the impact of the gradient penalty on the stability and diversity of image generation, in

line with prior empirical observations (Ryspayeva, 2023; Ryspayeva, 2024).

For each λ configuration, quantitative evaluation metrics were recorded every 100 epochs. A total of six metrics were used to assess both the fidelity and diversity of the generated images: KID, FID, LPIPS (real–fake), LPIPS (fake–fake), MS-SSIM (real–fake), MS-SSIM (fake–fake)

The results for each λ are summarized in Tables 1–3 and visualized in Fig. 5.

Results for $\lambda = 0.5$. Table 1 shows the quantitative evaluation metrics of $\lambda = 0.5$. In training, FID and KID values decreased gradually, indicating incremental improvements in the fidelity of synthesized images. The minimum value of KID was achieved 0.1793 at epoch 1000, and the FID was 180.00. The LPIPS (real–fake) metric converged below 0.29, while LPIPS (fake–fake) and MS-SSIM (fake–fake) remained relatively stable, indicating moderate diversity.

Table 1. Evaluation Metrics for $\lambda = 0.5$

Epoch	KID ↓	FID ↓	LPIPS real-fake ↓	LPIPS fake-fake ↑	MS-SSIM real-fake ↓	MS-SSIM fake- fake ↑
100	0.4262	333.64	0.7677	0.1848	0.3744	0.5684
200	0.3217	272.80	0.3710	0.2718	0.5571	0.5348
300	0.2495	228.40	0.3046	0.2767	0.5702	0.5326
400	0.2188	208.20	0.2836	0.2712	0.5729	0.5498
500	0.2117	203.39	0.2770	0.2684	0.5775	0.5444
600	0.2009	195.60	0.2845	0.2799	0.5634	0.5318
700	0.1952	190.20	0.2719	0.2658	0.5795	0.5566
800	0.1886	185.67	0.2770	0.2587	0.5721	0.5671
900	0.1801	181.38	0.2769	0.2718	0.5686	0.5467
1000	0.1793	180.00	0.2732	0.2698	0.5776	0.5539

Results for $\lambda = 3.0$. Table 2 presents the metrics obtained for $\lambda = 3.0$. The best fidelity scores were achieved across all configurations with this setting. At epoch 1000, the lowest KID was recorded at 0.1765 and FID at 179.35.

The LPIPS (real–fake) stabilized below 0.29, while the LPIPS (fake–fake) and MS-SSIM (fake–fake) showed balanced diversity among the generated samples.

Table 2. Evaluation Metrics for $\lambda = 3.0$

Epoch	KID ↓	FID ↓	LPIPS re- al-fake ↓	LPIPS fake- fake ↑	MS- SSIM real-fake ↓	MS- SSIM fake- fake ↑
100	0.4897	365.74	0.6222	0.2536	0.4928	0.5058
200	0.2956	258.2	0.372	0.2626	0.5546	0.5607
300	0.2348	221.29	0.3086	0.2675	0.5711	0.5531
400	0.2229	212.38	0.2832	0.267	0.585	0.5525
500	0.2027	198.58	0.2805	0.2698	0.5708	0.5448
600	0.2069	200.5	0.2897	0.2803	0.5548	0.5225

700	0.1951	193.06	0.2779	0.264	0.5695	0.5597
800	0.189	189.33	0.2756	0.2618	0.5696	0.551
900	0.1891	188.81	0.2799	0.2894	0.5648	0.5181
1000	0.1765	179.35	0.2864	0.2733	0.5599	0.5565

Results for $\lambda = 5.0$. Table 3 summarizes the evaluation results for $\lambda = 5.0$. Although the KID and FID values were slightly higher than for $\lambda = 3.0$, this configuration achieved the highest LPIPS (fake–fake) and lowest MS-SSIM (fake–fake), indicating increased diversity among the generated samples. At epoch 1000, KID was 0.1913 and FID was 191.15.

Table 3. Evaluation Metrics for $\lambda = 5.0$

Epoch	KID ↓	FID ↓	LPIPS real-fake ↓	LPIPS fake-fake ↑	MS- SSIM real-fake ↓	MS-SSIM fake-fake ↑
100	0.4805	362.75	0.6411	0.3081	0.4474	0.4417
200	0.3277	276.8	0.3709	0.2826	0.5376	0.5215
300	0.2421	224.21	0.3054	0.277	0.5605	0.5294
400	0.2385	222.18	0.2971	0.2833	0.5589	0.5275
500	0.2223	210.17	0.2797	0.2719	0.5802	0.5423
600	0.2092	203.92	0.2768	0.2624	0.5754	0.556
700	0.2113	202.1	0.2747	0.2666	0.5778	0.5479
800	0.1928	194.16	0.272	0.2553	0.5865	0.5824
900	0.1991	194.42	0.2729	0.2781	0.5796	0.5319
1000	0.1913	191.15	0.2758	0.2648	0.5769	0.5581

Metric Evolution Across Configurations

Fig. 5 illustrates the evolution of the metrics over the training epochs for all three λ configurations. The results show:

- KID and FID consistently decreased across all settings (Fig. 5 a, b).
- LPIPS (real–fake) values converged below 0.29 and MS-SSIM (real–fake) stabilized around 0.57 across all λ (Fig. 5 c, e).
- $\lambda = 5.0$ yielded the highest LPIPS (fake–fake) and lowest MS-SSIM (fake–fake), reflecting enhanced sample diversity (Fig. 5 d, f).
- $\lambda = 3.0$ produced the lowest KID and FID, indicating the best trade-off between fidelity and diversity.

Fig. 6 illustrates the progressive improvement in image quality with increasing epochs. Starting with random noise, the generator progressively updates the output that produces synthetic mammograms with natural and realistic anatomy. This qualitative advancement aligns with the model’s ability to learn informative abstractions for breast tissue and the enhancements noted in numerical measures, such as FID and KID.

Discussion

This research examined the influence of gradient penalty strength within a WGAN-GP framework, augmented by a RadImageNet-pretrained DenseNet121 dis-

criminator, for synthesizing mammography images of sparse pathological classes. Experiment results indicate that the $\lambda = 3.0$ setting is consistently better than other settings, as measured along the fidelity and structural realism dimensions. This is in line with existing literature on GANs, which theorizes that moderately sized gradient penalties can stabilize training without compromising the generator's flexibility, which is necessary for exploring the latent space (Ryspayeva, 2023; Ryspayeva, 2024). Improved performance for $\lambda = 3.0$ can arguably be attributed to its balance between the strength of critic feedback and the adaptive nature of the generator, which enables iteratively optimizing its output. This leads to images with better statistical as well as structural correspondence to accurate mammography data.

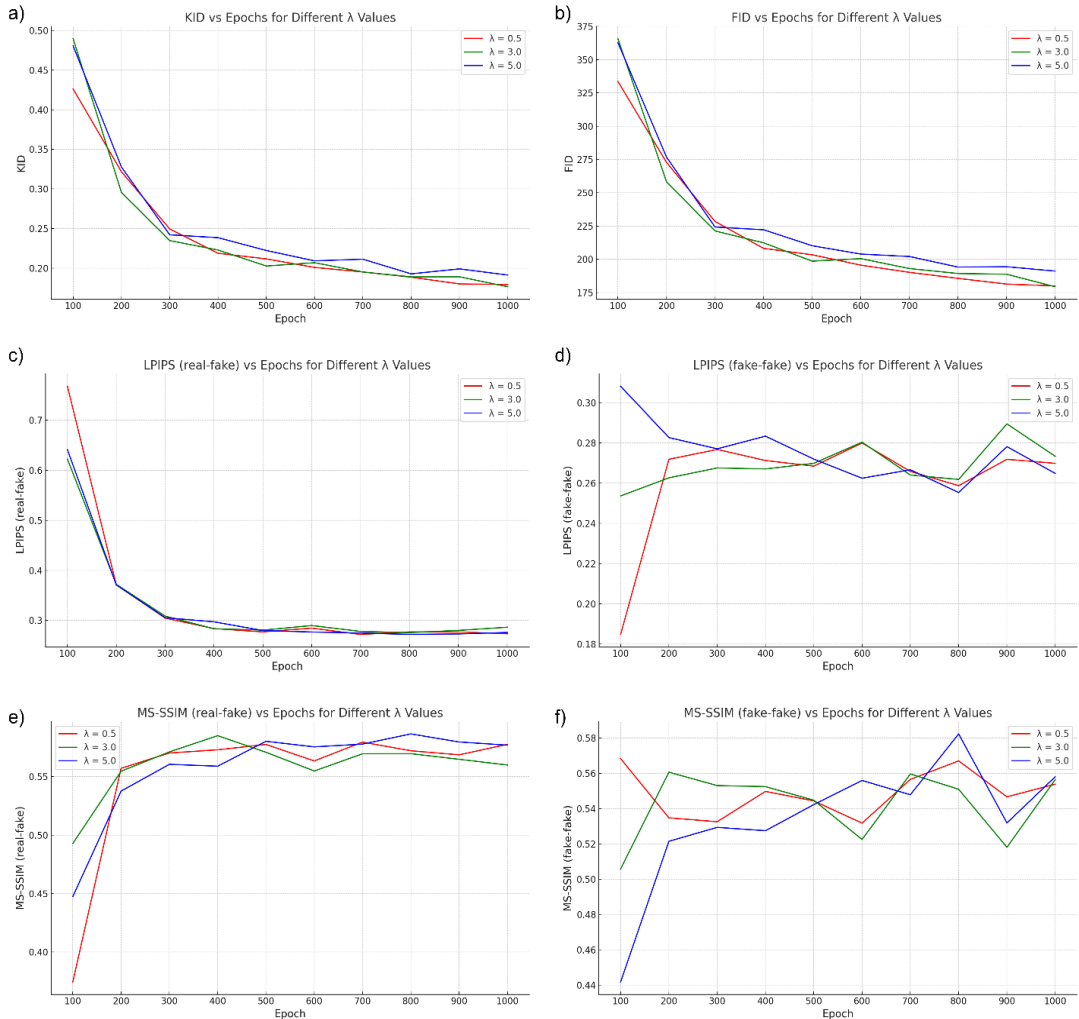


Fig. 5. Quantitative evaluation of generated image quality over training epochs for three different gradient penalty weights ($\lambda = 0.5, 3.0, 5.0$). The plots show the evolution of: (a) KID, (b) FID, (c) LPIPS between real and fake samples, (d) LPIPS among fake samples, (e) MS-SSIM between real and fake samples, and (f) MS-SSIM among fake samples. Lower KID, FID, and LPIPS (real-fake) values indicate higher realism and fidelity, while higher LPIPS (fake-fake) and lower MS-SSIM (fake-fake) indicate greater diversity among generated images.

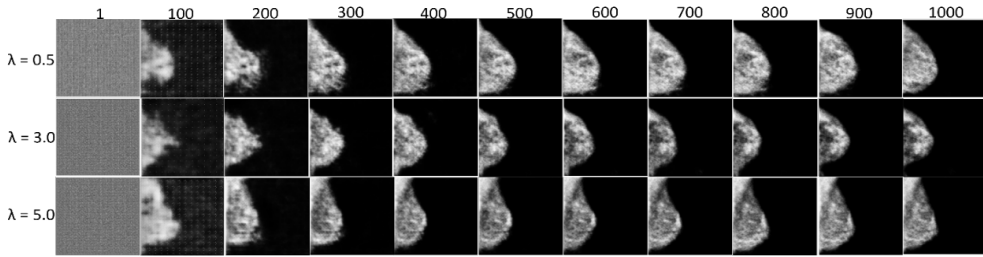


Fig. 6. Progressive synthesis of mammography images across training epochs from 1 to 1000 with step of 100. Each row shows the evolution from random noise in epoch 1 to realistic breast structures in 1000 epoch for $\lambda = 0.5, 3.0, 5.0$.

Additionally, incorporating domain-specific RadImageNet-pretrained DenseNet121 into the discriminator helped steer the generator toward outcomes that better match clinically relevant structures. Prior literature (Mei, 2022; Nehary, 2023) indicated the value of medical-specific feature spaces for classifying problems; the current research extends those conclusions into the realm of generative models, demonstrating that such domain alignment is helpful for the discriminator to steer adversarial training more toward realistic outcomes.

The results also shed light on the trade-offs under λ control. While $\lambda = 3.0$ is the balance that maximizes between realism and diversity, $\lambda = 5.0$ is preferential for diversity, which could have applications where data manifolds are of most interest or where robustness of classifiers is desired under varied augmentation. For comparison, $\lambda = 0.5$ achieves relatively better perceptual similarity to ground-real images in early epochs but sacrifices diversity and fidelity over longer training, as the theory dictates that the gradient penalty is too feeble to sustain an effective discriminator.

Our findings show that λ needs to be selected conditionally. For augmentation for diagnosis where realism is highest, $\lambda = 3.0$ is most appropriate. For other applications where broader coverage of the data distribution is required, for outlier detection or for checking robustness, $\lambda = 5.0$ could be the preferred value. These findings contribute to the broader body of knowledge on the impact of gradient penalties on GAN performance in medical imaging environments.

Here, the quantitative metrics used i.e., KID, FID, LPIPS, and MS-SSIM provide an overall estimate of fidelity and diversity. As is customary in literature, lower values of KID and FID signify a closer proximity to the actual distributions of data, while LPIPS and MS-SSIM offer nuanced perspectives on the perceptual quality and diversity of samples. The observation that $\lambda = 3.0$ yields the minimum of the measures of KID and FID, while still maintaining good diversity, is an indicator of its applicability for generating clinically realistic synthetic datasets.

Several limitations have to be noted. Firstly, the study is conducted only on the set of CBIS-DDSM and is for binary classification (malignant or benign only). The generalizability of results to other sets or higher diagnosis levels is planned as a future work. Secondly, only quantitative measures have been employed to assess the clinical validity of compounded images when expert radiological evaluation, as

required for ascertaining the confirmatory diagnostic usefulness, is absent. Thirdly, the architecture is currently limited to 2D imaging modalities, and the exploration of 3D contexts is still ongoing.

Conclusion

This study investigated the impact of different gradient penalty weights within a WGAN-GP framework incorporating a RadImageNet-pretrained DenseNet121 discriminator for synthetic mammography image generation. The experimental findings demonstrate that the configuration with $\lambda = 3.0$ consistently outperforms other settings in most evaluation metrics, achieving the best balance between structural realism, perceptual similarity, and diversity of generated images. This configuration yielded the lowest KID (0.1765) and FID, indicating optimal fidelity to real medical data while maintaining sufficient diversity.

While $\lambda = 5.0$ achieved greater diversity through higher LPIPS (fake–fake) and lower MS-SSIM (fake–fake), this came at the cost of reduced fidelity. This setting may be beneficial for applications requiring broad data coverage or robustness testing. Conversely, $\lambda = 0.5$ offered slightly better perceptual similarity (LPIPS real–fake) in early epochs but consistently underperformed in overall fidelity and diversity, making it more suited for tasks prioritizing visual realism over variability.

The integration of RadImageNet-based features within the discriminator proved effective in steering adversarial training towards more clinically realistic outputs, enhancing both visual authenticity and diagnostic plausibility.

These results emphasize that the gradient penalty parameter λ controls a critical trade-off between fidelity and diversity: $\lambda = 3.0$ is optimal for diagnosis-oriented augmentation; $\lambda = 0.5$ is suitable for tasks prioritizing perceptual realism; $\lambda = 5.0$ favors diversity and is appropriate for scenarios involving model generalization or outlier detection.

Despite these positive findings, this study is limited to the CBIS-DDSM dataset and binary classification tasks. Future work will focus on expanding the framework to conditional GAN architectures utilizing lesion annotations or BI-RADS scores for class-specific image generation, extending the method to 3D imaging modalities such as breast tomosynthesis or MRI, and incorporating radiologist assessment for validating the clinical relevance of the generated images.

REFERENCES

- Arjovsky, M., Chintala, S. & Bottou, L. (2017). Wasserstein GAN. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1701.07875>
- Binkowski, M., Sutherland, D.J., Arbel, M. & Gretton, A. (2018). Demystifying MMD GANs. In: Proceedings of the International Conference on Learning Representations (ICLR).
- Chaudhury, S. & Sau, K. (2023). Classification of breast masses using ultrasound images by approaching GAN, transfer learning and deep learning techniques. — *Journal of Artificial Intelligence and Technology*. — 3. <https://doi.org/10.37965/jait.2023.0175>
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A. & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. *Advances in Neural Information Processing Systems*. — 27. — Pp. 2672–2680.
- Guan, S. & Loew, M. (2019). Using generative adversarial networks and transfer learning for breast cancer

detection by convolutional neural networks. <https://doi.org/10.1117/12.2512671>

Haq, D.Z. & Fatchah C. (2023). Ultrasound image synthetic generating using deep convolution generative adversarial network for breast cancer identification. *IPTEK The Journal for Technology and Science*. — 34(1). — P.12. <https://doi.org/10.12962/j20882033.v34i1.14968>

Heusel, M., Ramsauer, H., Unterthiner, T., Nessler, B. & Hochreiter, S. (2017). GANs trained by a two time-scale update rule converge to a local Nash equilibrium. In: *Proceedings of the International Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*.

Kassahun, R., Molinara, M., Bria, A., Marrocco, C. & Tortorella, F. (2024). Breast mass detection and classification using transfer learning on OPTIMAM dataset through RadImageNet weights. In: M. Molinara & A. Bria, eds. *Lecture Notes in Computer Science*. — Vol. 14294. — Springer. — Pp. 71–82. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51026-7_7

Mei, X. et al. (2022). RadImageNet: An open radiologic deep learning research dataset for effective transfer learning. *Radiology: Artificial Intelligence*. — 4. <https://doi.org/10.1148/ryai.210315>

Negi, A., Raj, A.N.J., Nersisson, R., Zhuang Z. & Murugappan M. (2020). RDA-UNET-WGAN: An accurate breast ultrasound lesion segmentation using Wasserstein generative adversarial networks. *Arabian Journal for Science and Engineering*. — 45(8). — Pp.6399–6410. <https://doi.org/10.1007/s13369-020-04480-z>

Nehary, E., Rajan, S. & Rossa, C. (2023). Comparison of COVID-19 classification via ImageNet-based and RadImageNet-based transfer learning models with random frame selection. In: *Proceedings of the IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)*. <https://doi.org/10.1109/SAS58821.2023.10254111>

Remzan, N., Karim, T. & Farchi, A. (2024). Advancing brain tumor classification accuracy through deep learning: Harnessing RadImageNet pre-trained convolutional neural networks, ensemble learning, and machine learning classifiers on MRI brain images. *Multimedia Tools and Applications*. — 83. — Pp. 82719–82747. <https://doi.org/10.1007/s11042-024-18780-1>

Ryspayeva, M., (2023). Generative adversarial network as data balance and augmentation tool in histopathology of breast cancer. In: *Proceedings of the IEEE SIST Conference*. IEEE. — Pp. 99–104. <https://doi.org/10.1109/SIST58284.2023.10223577>

Ryspayeva, M. & Nishan, A. (2024). Enhancing grayscale image synthesis with deep conditional GAN and transfer learning. In: *2024 IEEE AITU: Digital Generation*. IEEE. — Pp.122–127. <https://doi.org/10.1109/IEEE-CONF61558.2024.10585479>

Ryspayeva, M., Bria, A., Marrocco, C., Tortorella, F. & Molinara, M. (2024). Transfer learning in breast mass detection and classification. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. — 15. — Pp. 3587–3602. <https://doi.org/10.1007/s12652-024-04835-6>

Ryspayeva, M. & Salykova, O. (2025). Multi-domain synthetic medical image generation and dataset balancing with DGAN-WP-TL. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization*. — 13(1). <https://doi.org/10.1080/21681163.2025.2556687>

Sawyer-Lee, R., Gimenez, F., Hoogi, A. & Rubin, D. (2016). Curated Breast Imaging Subset of Digital Database for Screening Mammography (CBIS-DDSM) [Dataset]. The Cancer Imaging Archive. <https://doi.org/10.7937/K9/TCIA.2016.7002S9CY>

Sechopoulos, I., Teuwen, J. & Mann, R. (2020). Artificial intelligence for breast cancer detection in mammography and digital breast tomosynthesis: State of the art. *Seminars in Cancer Biology*. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2020.06.002>

Shah, D., Khan, M. & Abrar, M. (2024). Reliable breast cancer diagnosis with deep learning: DCGAN-driven mammogram synthesis and validity assessment. *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*. — 2024. — Pp.1–13. <https://doi.org/10.1155/2024/1122109>

Wang, Z., Bovik, A.C., Sheikh, H.R. & Simoncelli, E.P. (2004). Image quality assessment: From error visibility to structural similarity. *IEEE Transactions on Image Processing*. — 13(4). — Pp. 600–612.

Zhang, R., Isola, P., Efros, A.A., Shechtman, E. & Wang, O. (2018). The unreasonable effectiveness of deep features as a perceptual metric. In: *2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. IEEE. — Pp.586–595. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00068>

Zhu, M. et al. (2024). Ultrasound deep learning radiomics and clinical machine learning models to predict low nuclear grade, ER, PR, and HER2 receptor status in pure ductal carcinoma in situ. *Gland Surgery*. — 13. <https://doi.org/10.21037/gs-23-417>



**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 15.09.2025.

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