

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



**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ
ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION
AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

2025 (22) 2

сәуір - маусым

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

БАС РЕДАКТОР:

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

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

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

ҒАЛЫМ ХАТШЫ:

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

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

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

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

Микеле Пагано — PhD, Пиза Университетінің (Италия) профессоры

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

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

CONTENTS

M. Aitimov, K. Makulov, A. Ostayeva, G. Mussagulova, J. Kultan APPLICATION OF A HYBRID MODEL TO STUDY THE IMPACT OF SOCIO-ECONOMIC FACTORS ON REGIONAL DEVELOPMENT.....	8
A. Bayegizova, G. Murzabekova, A. Alimagambetova, G. Mukhamedrakhimova, M. Kassim INTELLIGENT CLUSTERING METHODS FOR PROCESSING AND ANALYZING SHORT TEXTS.....	23
G.U. Bektemysova, A.A. Bykov, B.A. Norashikin, A.A. Keresh, M.O. Dauletbek DEVELOPMENT AND TESTING OF AN INTELLIGENT MONITORING SYSTEM FOR CONSTRUCTION PROCESSES BASED ON COMPUTER VISION AND MACHINE LEARNING.....	37
D. Yedilkhan, N. Khaimuldin, D. Ospanova, B. Amirgaliyev INTELLIGENT MODEL FOR FINDING THE OPTIMAL ROUTE TO COVER ALL STREETS WITH MOVEMENT CONSTRAINTS.....	57
A. Ignatovich, A.S. Yesengeldina, L.T. Kurmangazyeva, S.R. Sharmukhanbet, A.M. Nedzved SIGNIFICANT FACTORS ANALYSIS USING SHAP AND PCA FOR OPTIMIZING AGRICULTURAL RESOURCE MANAGEMENT.....	75
A. Kassymova, G. Abdikerimova, A. Assabay, A. Serikbayeva, S. Akhmedova REAL-TIME MATHEMATICAL MODELING FOR MOVING OBJECT DETECTION IN VIDEO STREAMS.....	91
S.K. Kumargazhanova, D. Nurlybekova, A.S. 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. 2. Number 22 (2025). Pp. 235–250

Journal homepage: <https://journal.iitu.edu.kz><https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.015>

УДК 004.931

DETERMINATION OF SIGNS VECTOR FOR ACCURATE DETECTION OF BREAST CANCER IN MAMMOGRAM IMAGES

D. Ussipbekova¹, M. Yessenova², N. Uzakkyzy², R. Muratkhan³, P. Schmidt⁴

¹Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarov, Almaty, Kazakhstan;

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

³E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan;

⁴University of Economics, Bratislava, Slovakia.

E-mail: moldir_11.92@mail.ru

Ussipbekova D. — PhD, lecturer, «the Department of Information Communication Technologies», Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarov, Almaty, Kazakhstan

E-mail: d.ussipbekova20@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-8567-6274>;

Yessenova M. — PhD, senior lecturer, «the Department of Information Systems», L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: moldir_11.92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2644-0966>;

Uzakkyzy N. — PhD, senior lecturer, «the Department of Computer and Software Engineering», L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: nura_astana@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8262-0240>;

Muratkhan R. — PhD, associate professor, E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan

E-mail: raikhan.muratkhan@mail.ksu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-2030-8948>;

Schmidt P. — PhD, professor, Head of the Department of Applied Informatics, Bratislava, University of Economics, Bratislava, Slovak Republic

E-mail: peter.schmidt@euba.sk, <https://orcid.org/0000-0001-5928-2821>.

© D. Ussipbekova, M. Yessenova, N. Uzakkyzy, R. Muratkhan, P. Schmidt, 2025

Abstract. This paper presents a hybrid method for breast cancer classification based on Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) mammography images. The method is based on the combination of deep learning techniques and textural and geometric characteristics of images. The aim of the study is to integrate textural and geometric characteristics into the neural network architecture to improve the classification accuracy and localization of abnormal areas in medical images. The relevance of the study is due to the growing incidence of cancer and the need to improve the diagnostic accuracy in resource-limited healthcare settings. The proposed method is based on a modified Faster Region-Based Convolutional Neural Network (Faster R-CNN) architecture that includes additional feature extraction units such as eccentricity, texture metrics, entropy, and mean intensity. The image preprocessing



stage includes look-up table (LUT) transforms, normalization, and histogram equalization. These changes allow us to improve the key structural features of the image. The efficiency of the method was further improved by integrating texture and geometric characteristics, which reduced the overall cost by 30 % and improved the quality of classification and localization.

Key words: Mammography, breast cancer, deep learning, machine learning, DICOM, texture features, Faster R-CNN, medical diagnostics

For citation: D. Ussipbekova, M. Yessenova, N. Uzakkyzy, R. Muratkhan, P. Schmidt. Determination of signs vector for accurate detection of breast cancer in mammogram images//International journal of information and communication technologies. 2025. Vol. 6.No. 22. Pp. 235-250. (in Kaz.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.015>.

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

МАММОГРАФИЯЛЫҚ СУРЕТТЕРДЕ СҮТ БЕЗІ ҚАТЕРЛІ ІСІГІН ДӘЛ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН БЕЛГІЛЕР ВЕКТОРЫН ҚҰРУ

Д.И. Усипбекова¹, М.Б. Есенова², Н. Ұзаққызы², Р. Муратхан³, П. Шмидт⁴*

¹С.Ж. Асфендияров атындағы Қазақ Ұлттық Медициналық Университеті, Алматы, Қазақстан;

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

³Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды, Қазақстан;

⁴Братислава экономикалық университеті, Словакия.

E-mail: moldir_11.92@mail.ru

Усипбекова Д. — «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар» кафедрасының PhD, лекторы, С.Ж. Асфендияров атындағы Қазақ Ұлттық Медициналық Университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: .ussipbekova20@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-8567-6274>;

Есенова М. — PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының аға оқытушысы, Астана, 010008, Қазақстан Республикасы
E-mail: moldir_11.92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2644-0966>;

Ұзаққызы Н. — PhD, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің «Компьютерлік және программалық инженерия» кафедрасының аға оқытушысы, Астана, 010008, Қазақстан Республикасы
E-mail: nura_astana@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8262-0240>;

Муратхан Р. — Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, қауымдастырылған профессор, PhD, Қарағанды қ., Қазақстан
E-mail: raikhan.muratkhon@mail.ksu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-2030-8948>;

Шмидт П. — философия докторы (PhD), профессор, Братислава экономикалық университеті, «Қолданбалы информатика» кафедрасының меңгерушісі, Братислава қ., Словакия Республикасы
E-mail: peter.schmidt@euba.sk, <https://orcid.org/0000-0001-5928-2821>.

© Д.И. Усипбекова, М.Б. Есенова, Н. Ұзаққызы, Р. Муратхан, П. Шмидт, 2025

Аннотация. Бұл жұмыста Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) форматындағы маммографиялық кескіндер негізінде сүт безі қатерлі ісігін жіктеуге арналған гибриді әдіс ұсынылады. Әдіс терең оқыту әдістерін

және кескіндердің текстуралық және геометриялық сипаттамаларын біріктіруге негізделген. Зерттеудің мақсаты – медициналық кескіндердегі аномальды аймақтарды жіктеу мен локализациялау дәлдігін арттыру үшін текстуралық және геометриялық белгілерді нейрондық желі архитектурасына біріктіру. Зерттеудің өзектілігі қатерлі ісік ауруларының өсуімен және медициналық мекемелердегі шектеулі ресурстар жағдайында диагностика дәлдігін арттыру қажеттілігімен байланысты. Ұсынылған әдістің негізінде Faster Region-based Convolutional Neural Network (Faster R-CNN) модификацияланған архитектурасы жатыр, оған эксцентриситет, текстуралық метрикалар, энтропия және орташа қарқындылық сияқты қосымша белгілерді шығару блоктары енгізілді. Кескіндерді алдын ала өңдеу кезеңіне Lookup Table (LUT) түрлендірулері, нормализация және гистограмманы теңестіру жатады. Бұл өңдеулер кескіннің негізгі құрылымдық ерекшеліктерін жақсартуға мүмкіндік береді. Әдістің тиімділігіне қосымша текстуралық және геометриялық белгілерді интеграциялау ықпал етті, бұл жалпы шығын деңгейін 30 %-ға төмендетуге, сондай-ақ классификация мен локализация көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: Маммография, сүт безі обыры, терең оқыту, машиналық оқыту, DICOM, текстуралық белгілер, Faster R-CNN, медициналық диагностика

Дәйексөздер үшін: Д.И. Усипбекова, М.Б. Есенова, Н. Ұзаққызы, Р. Муратхан, П. Шмидт. Маммографиялық суреттерде сүт безі қатерлі ісігін дәл анықтауға арналған белгілер векторын құру//Халықаралық ақпараттық және коммуникалық технологиялар журналы. 2025. Т. 6. No. 22. 235–250 бет. (қазақ тілінде). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.015>.

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕКТОРА ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ТОЧНОГО ВЫЯВЛЕНИЯ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ МАММОГРАММЫ

*Д.И. Усипбекова¹, М.Б. Есенова² *, Н. Узаккызы², Р. Муратхан³,
П. Шмидт⁴*

¹Казахский национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова, Алматы, Казахстан;

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

³Карагандинский университет имени Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан;

⁴Братиславский экономический университет, Братислава, Словакия.

E-mail: moldir_11.92@mail.ru

Усипбекова Д. — PhD, лектор, кафедра «Информационных коммуникационных технологий», Казахский национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова, Алматы, Казахстан



E-mail: d.ussipbekova20@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-8567-6274>;

Есенова М. — PhD, старший преподаватель, кафедра «Информационных систем», Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва, Астана, Казахстан

E-mail: moldir_11.92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2644-0966>;

Узаккызы Н. — PhD, старший преподаватель, кафедра «Компьютерной и программной инженерии», Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва, Астана, Казахстан

E-mail: nura_astana@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8262-0240>;

Муратхан Р. — PhD, ассоциированный профессор, Карагандинский университет им. Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан

E-mail: raikhan.muratkhan@mail.ksu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-2030-8948>;

Шмидт П. — доктор философии (PhD), профессор, заведующий кафедрой «Прикладной информатики», Братиславский экономический университет, Братислава, Словацкая Республика

E-mail: peter.schmidt@euba.sk, <https://orcid.org/0000-0001-5928-2821>.

© Д.И. Усипбекова, М.Б. Есенова, Н. Узаккызы, Р. Муратхан, П. Шмидт 2025

Аннотация. В данной статье представлен гибридный метод классификации рака молочной железы на основе маммографических изображений в формате цифровой визуализации и коммуникаций в медицине (DICOM). Метод основан на объединении методов глубокого обучения и текстурных и геометрических характеристик изображений. Целью исследования является интеграция текстурных и геометрических характеристик в архитектуру нейронной сети для повышения точности классификации и локализации аномальных областей на медицинских изображениях. Актуальность исследования обусловлена ростом заболеваемости раком и необходимостью повышения точности диагностики в условиях ограниченных ресурсов медицинских учреждений. Предлагаемый метод основан на модифицированной архитектуре сверточной нейронной сети на основе более быстрых регионов (Faster R-CNN), которая включает в себя дополнительные блоки извлечения признаков, такие как эксцентриситет, метрики текстуры, энтропия и средняя интенсивность. Этап предварительной обработки изображения включает в себя преобразования таблицы поиска (LUT), нормализацию и выравнивание гистограммы. Эти изменения позволяют улучшить ключевые структурные особенности изображения. Эффективность метода была дополнительно повышена за счет интеграции текстурных и геометрических характеристик, что позволило сократить общую стоимость на 30%, а также улучшить качество классификации и локализации.

Ключевые слова: маммография, рак молочной железы, глубокое обучение, машинное обучение, DICOM, текстурные признаки, Faster R-CNN, медицинская диагностика

Для цитирования: Д.И. Усипбекова, М.Б. Есенова, Н. Узаккызы, Р. Муратхан, П. Шмидт. Определение вектора признаков для точного выявления рака молочной железы на изображениях маммограммы // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. 2025. Т. 6. №. 22. Стр. 235–250. (На англ.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.015>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Кіріспе

Сүт безі қатерлі ісігін (Orazayeva et. al., 2024; Orazayeva et. al., 2022;) маммографиялық кескіндер негізінде жіктеудің тиімді әдістерін әзірлеу қазіргі заманғы медициналық диагностиканың негізгі міндеттерінің бірі болып табылады (Orazayeva et. al., 2022; Tian et. al., 2024;). Сүт безі қатерлі ісігі (Tzenios et. al., 2024; Naizagarayeva et. al., 2023;) онкологиялық аурулардың ішінде таралуы мен өлім-жітім деңгейі бойынша алдыңғы орындардың бірін алады, бұл оның ерте және дәл анықталуының маңыздылығын көрсетеді. DICOM форматындағы маммографиялық кескіндерді қолдану тіндердің құрылымын егжей-тегжейлі визуализациялауға мүмкіндік береді, алайда мұндай деректерді талдау күрделілігі жасанды интеллект негізіндегі автоматтандырылған тәсілдерді қажет етеді. Бұл саладағы негізгі мәселелердің бірі — жалған-оң және жалған-теріс нәтижелердің жоғары жиілігі. Дәстүрлі маммографиялық кескіндерді талдау әдістері көбіне адамның тәжірибесіне тәуелді, бұл диагностикалық қателіктерге алып келуі мүмкін. Жалған-оң нәтижелер пациенттерге психологиялық жүктемені арттырып, қажетсіз медициналық араласуларға әкелсе, жалған-теріс нәтижелер ауруды ерте сатысында анықтамауға себеп болуы мүмкін. Бұл кезеңде емдеу мүмкіндіктері ең жоғары деңгейде болады. Сонымен қатар, білікті мамандардың қолжетімділігі шектеулі, әсіресе табысы төмен аймақтарда, онда дәрігерлердің жүктемесі жоғары болып, мәліметтерді мұқият талдауға уақыты жетпейді. Бұл мәселелер үлкен көлемдегі медициналық деректерді өңдеу қажеттілігімен күрделене түседі, сондықтан қолмен талдау жасау баяу және тиімсіз процесс болып саналады.

Тағы бір маңызды мәселе – кескіндердің әртүрлілігі мен олардың сапасы (Abdikirimova et. al., 2023; Jones et. al., 2024;), бұл қолданылатын жабдық пен оның параметрлеріне байланысты өзгереді. Бұл жағдай әмбебап диагностикалық модельдерді әзірлеуді қиындатады, өйткені олар әртүрлі жағдайларда бірдей тиімді жұмыс істеуі қажет. Сонымен қатар, қазіргі заманғы терең оқыту алгоритмдері (Kar et. al., 2024; Zhang et. al., 2024;) жоғары тиімділігіне қарамастан, жиі төмен интерпретативтілікке ие. Мұндай модельдер «қара жәшік» ретінде жұмыс істейді, бұл дәрігерлер арасында сұрақтар тудырады, өйткені жүйенің шешімін түсіндіру немесе негіздеу қиынға соғады. Аталған мәселелерді шешу үшін деректерді өңдеудің дәстүрлі әдістері мен терең оқытудың артықшылықтарын біріктіретін гибриді талдау әдістерін пайдалану қажет. Текстуралық және құрылымдық сипаттамаларды машиналық оқыту алгоритмдеріне біріктіру арқылы аномальды аймақтардың пішіні, тығыздығы және тіндердің гетерогенділігі сияқты маңызды ерекшеліктерін ескере отырып, диагностика дәлдігін арттыруға болады. Жасанды интеллектке негізделген диагностикалық процестерді автоматтандыру (Zeng et. al., 2024; Abou Ghayda

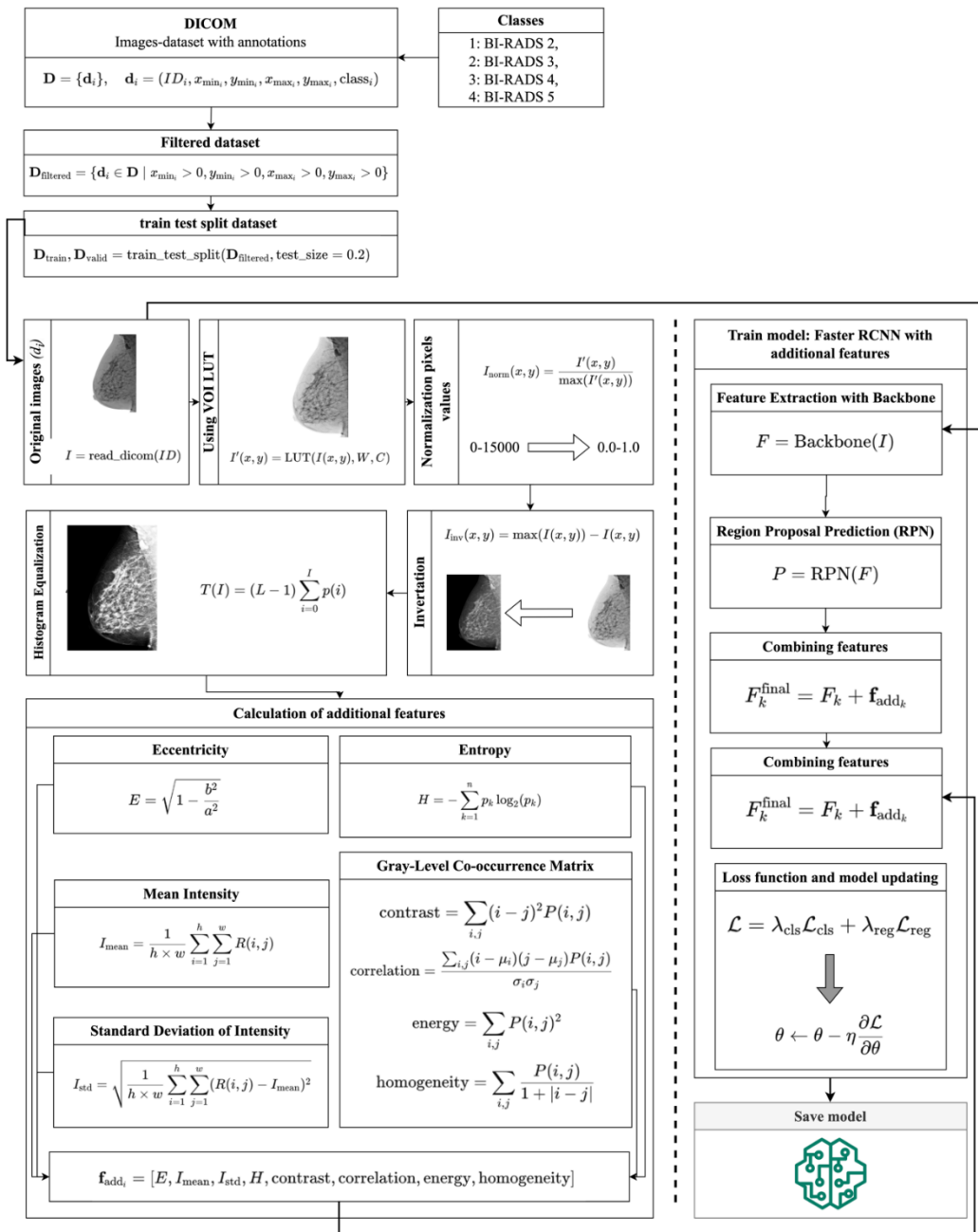
et. al., 2024;) адам факторына тәуелділікті азайтып, қателік ықтималдығын төмендетіп, деректерді талдаудың стандартталуын қамтамасыз етеді.

Бұл жұмыстың негізгі мақсаты – DICOM форматындағы сүт безі кескіндеріндегі аномальды аймақтарды автоматты түрде анықтау және жіктеу моделін әзірлеу және оқыту. Жұмыстың маңызды элементі – кескіндердің текстуралық және құрылымдық сипаттамаларынан алынатын қосымша белгілерді интеграциялау. Бұл белгілер аномальды аймақтарды классификациялау мен локализациялау сапасын жақсартып алады, әсіресе медициналық деректерді талдау кезінде, себебі диагностика дәлдігі пациенттің емделу нәтижесіне тікелей әсер етеді. Сондай-ақ, кескін сапасын жақсарту маңызды рөл атқарады, ол LUT-трансформациялар, нормализация және гистограмманы теңестіру сияқты алдын ала өңдеу әдістерін қолдану арқылы жүзеге асырылады. Бұл әдістер шуылды жойып, тіндердің құрылымдық ерекшеліктерінің контрастылығын арттыруға мүмкіндік береді. Ұсынылған әдіс шешімдерді интерпретациялау мүмкіндігін де жақсартады. Бұл эксцентриситет, орташа қарқындылық, текстуралық параметрлер және энтропия сияқты қосымша белгілерді модельге енгізу арқылы жүзеге асады. Бұл дәрігерлерге тек талдау нәтижелерін ғана емес, сонымен қатар олардың негіздемесін алуға мүмкіндік береді, осылайша жасанды интеллект жүйелеріне деген сенімділікті арттырады. Зерттеудің өзектілігі сүт безі қатерлі ісігін диагностикалауды автоматтандыру қажеттілігінің артуымен байланысты. Диагностикалық жағдайлардың көбеюі және үлкен көлемдегі деректерді өңдеуге деген сұраныс дәстүрлі әдістердің тиімділігін шектейді. Кеңістіктік және текстуралық ерекшеліктерді ескеретін гибриді әдістерді әзірлеу диагностика жылдамдығын арттырып қана қоймай, сонымен қатар шектеулі ресурстар жағдайында жоғары сапалы медициналық қызметке қолжетімділікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Әдістер мен материалдар

Сүт безі қатерлі ісігін маммографиялық кескіндер негізінде жіктеуге арналған гибриді әдісті әзірлеу үшін терең оқыту мен текстуралық және құрылымдық сипаттамаларды дәстүрлі талдау әдістерін біріктіретін тәсіл қолданылды. Әдістің негізі ретінде қосымша белгілерді шығару блоктарымен толықтырылған модификацияланған Faster R-CNN архитектурасы алынды, бұл диагностиканың дәлдігін және модельдің интерпретациялануын айтарлықтай жақсартуға мүмкіндік берді. 1-суретте DICOM форматындағы медициналық кескіндердегі аномальды аймақтарды анықтау және жіктеу үшін жасалған қосымша белгілері бар Faster R-CNN моделінің алгоритмі көрсетілген. 1-сурет деректерді дайындаудан бастап модельді оқытуға дейінгі кезеңдерді, сондай-ақ текстуралық және геометриялық сипаттамалар сияқты қосымша белгілерді шығару және өңдеу үдерістерін қамтиды.

Деректерді жүктеу. Бірінші қадамда зерттеушілер аннотацияланған DICOM кескіндерін қамтитын деректерді жүктейді.



Сур. 1. Қосымша белгілері бар Faster R-CNN моделі алгоритмі

Деректер жиынындағы әрбір элемент қызығушылық объектілерін және BIRADS деңгейлері сияқты сынып белгілерін көрсететін анықталған шектеу жолақтары бар кескін болып табылады. Аннотациялар құрылымдық құжатта, кескін идентификаторлары, қорап координаттары және сәйкес сынып белгілері туралы ақпаратты қамтитын матрицада сақталады. Бұл деректер кейінгі талдау және модельдік оқыту үшін негіз болады (1):

$$D = \{d_i\}, d_i = (ID_i, x_{min_i}, y_{min_i}, x_{max_i}, y_{max_i}, class_i) \quad (1)$$

мұндағы ID_i – бірегей кескін идентификаторы, $x_{min_i}, y_{min_i}, x_{max_i}, y_{max_i}$ - суреттегі әрбір нысан үшін шектеу өрісінің координаттары, $class_i$ - сынып белгісі (мысалы, BIRADS классификациясы). Дұрыс емес координаттары бар аннотацияларды жою үшін сүзу қолданылады (2):

$$D_{filtered} = \{d_i \in D | x_{min_i} > 0, y_{min_i} > 0, x_{max_i} > 0, y_{max_i} > 0\} \quad (2)$$

Деректер жиынын оқыту D_{train} және валидация D_{valid} үлгілеріне (3) функциясы арқылы бөлуді белгілейік:

$$D_{train}, D_{valid} = train_test_split(D_{filtered}, test_size = 0.2) \quad (3)$$

Деректерді сүзу нөл немесе теріс жақтау координаттары бар жарамсыз жолдарды жою үшін орындалады. Кескінді алдын ала өңдеу. Кескінді алдын ала өңдеу қадамында зерттеушілер бірегей идентификатормен анықталған әрбір сурет үшін DICOM файлдарынан деректерді жүктейді. Бұл процесс пиксельдік деректерді, кескіндердің құрылымын талдау үшін пайдаланылатын сұр қарқындылық массивін шығаруды қамтиды. Бұл деректер визуализацияны жақсарту және негізгі тіндік мүмкіндіктерді ерекшелеу үшін қалыпқа келтіруді және гистограмманы теңестіруді қоса түрлендіреді. Бұл кескіндерді келесі мүмкіндікті шығаруға және үлгіні оқыту қадамына дайындайды (4):

$$I = read_{dicom}(ID) \quad (4)$$

мұндағы I - кескін идентификаторының пиксель қарқындылығының екі өлшемді массиві. Қызығушылық мәнін іздеу кестесін (VOI LUT) пайдалану кескіндердегі клиникалық маңызды мәліметтерді ерекшелеу үшін пиксель мәндерінің ауқымын түрлендіретін медициналық бейнелеудегі маңызды қадам болып табылады. Бұл әдіс әсіресе DICOM пішіміндегі медициналық кескіндермен, соның ішінде рентген сәулелерімен, компьютерлік томографиямен (КТ) және магнитті-резонансты бейнелеумен (МРТ) жұмыс істеу үшін өте маңызды. Мұндай кескіндердегі пиксель қарқындылығының мәндері айтарлықтай өзгеруі мүмкін, кейде стандартты мониторлардың визуализация мүмкіндіктерінен асып кетеді. Мысалы, 12-биттік кескіндер 0-ден 4095-ке дейінгі қарқындылық мәндерін қамтуы мүмкін, ал стандартты мониторлар тек 256 сұр деңгейді (8-биттік көрініс) көрсете алады. Тиімді талдау патологияны көрсететін аймақтар сияқты диагностикалық мәні бар қарқындылық деңгейлерін ғана бөлектеуді талап етеді.

VOI LUT мәндері азырақ деректердің әсерін азайта отырып, осы аумақтарды айқынырақ ету үшін пиксель мәндерін түрлендіреді. Бұл процесс медициналық мамандардың кескінді интерпретациялауын жеңілдетіп, визуализация сапасын айтарлықтай жақсартады. VOI LUT функциясы бастапқы кескіннің пиксельдік мәндерін көрсету үшін қолайлы ауқымға түрлендіреді. VOI LUT түрлендіру келесідей орындалады (5):

$$I'(x, y) = LUT(I(x, y), W, C) \quad (5)$$

мұндағы $I(x, y)$ - координаттардағы пиксел қарқындылығының мәні (x, y) , W - терезе ені, C - терезенің ортасы $I'(x, y)$ - LUT қолданғаннан кейінгі жаңа пиксель мәні. VOI LUT берілген W және C параметрлеріне қатысты олардың қарқындылығына байланысты пиксель мәндерін келесі ережеге (6) сәйкес түрлендіреді:

$$I'(x, y) = \begin{cases} 0, \\ 255, \\ \frac{I(x, y) - (C - \frac{W}{2})}{W} * 255, \end{cases} \quad (6)$$

Деректерді стандарттау үшін пиксел қарқындылығының мәндері 0-ден 1-ге дейінгі диапазонға (7) қалыпқа келтіріледі:

$$I_{norm}(x, y) = \frac{I'(x, y)}{\max(I'(x, y))} \quad (7)$$

мұндағы $I_{norm}(x, y)$ - нормаланған пиксель қарқындылығы мәні, $\max(I'(x, y))$ - суреттегі максималды қарқындылық мәні. Кескін MONOCHROME1 фотометриялық интерпретациясымен кодталған болса, кескіннің ашық аймақтарында интенсивтілік мәндері төмен болады. Бұл жағдайда кескін төңкеріледі (8):

$$I_{inv}(x, y) = \max(I(x, y)) - I(x, y) \quad (8)$$

мұндағы $I_{inv}(x, y)$ – инверттелген пиксель мәні. Кескін контрастын жақсарту үшін гистограмма теңестіру қолданылады. Әрбір $I(x, y)$ пикселі үшін келесі түрлендіру (9) орындалады:

$$T(I) = (L - 1) \sum_{i=0}^I p(i) \quad (9)$$

Мұндай мүмкіндіктерді біріктіру кезінде туындайтын бір маңызды сұрақ олардың модельдің жалпы өнімділігіне әсері болып табылады. Тәжірибе көр-

сеткендей, бұл мүмкіндіктерді қосу әдеттен тыс аймақтарды локализациялаудың да, жіктелуінің де дәлдігін жақсартады. Өйткені текстураның ерекшеліктері конволюционды желіде жетіспейтін ісіктің табиғаты туралы қосымша ақпаратты бере алады. Мысалы, тіндердің құрылымындағы өзгерістер қатерлі процестердің маркерлері болуы мүмкін, бұл оларды автоматтандырылған диагностикалық жүйе үшін маңызды көрсеткіштерге айналдырады.

Нәтижелер және оларды талқылау

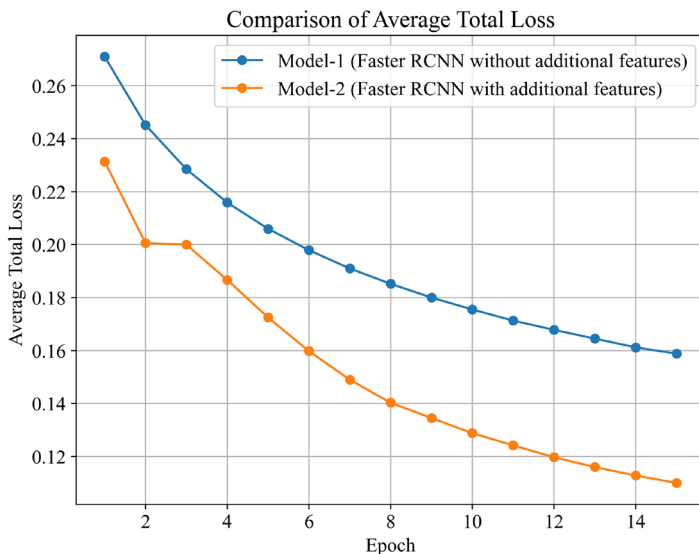
Ұсынылған әдіс VinDr-Mammo деректер жинағын пайдалана отырып әзірленді, ол зерттеулердің жоғары қайталану дәрежесін қамтамасыз ететін DICOM форматындағы ең маңызды ашық сандық маммография ресурстарының бірі. Деректер көзі – Вьетнамда орналасқан Ханой медициналық университеті (НМУН) және 108 ауруханасы (Н108). «VinBigData» АҚ деректер жинағын PhysioNet платформасында жариялады, бұл оның ғылыми зерттеулер мен нәтижелерді тексеруге еркін қол жеткізуіне кепілдік береді.

Деректер жинағы әрқайсысы төрт кескіннен (әр емшек үшін екі көрініс) тұратын 5 000 маммографиялық зерттеулерді қамтиды, барлығы 20 000 жоғары ажыратымдылықтағы кескінді (3518 x 2800 пиксель) құрайды. Бұл деректер BI-RADS жүйесіне сәйкес аннотацияланған, BI-RADS диагностикалық санаттарының 1–5 – әдеттегіден ықтималдығы жоғары қатерлі істерге дейін. Сонымен қатар, аннотациялар тіндердің тығыздығы (A–D санаттары) және массалар, кальцинациялар, асимметриялар және архитектуралық деформациялар сияқты әртүрлі патологиялық жағдайлар туралы ақпаратты қамтиды. Бұл әртүрлілік деректер жиынтығын диагностикалық сценарийлердің кең ауқымын зерттеудің жоғары өкілі етеді.

Faster R-CNN үлгісін оқыту үдерісін аяқтағаннан кейін, ол аномалияларды анықтау және жіктеудегі модельдің тиімділігін анықтау үшін бірнеше негізгі көрсеткіштерді қолдану арқылы мұқият бағаланды. Жетекші көрсеткіштер: Total Loss, Classifier Loss, Box Regression Loss, Objectness Loss және RPN Box Loss. Бұл көрсеткіштер модельдің объектінің жіктелуінен бастап олардың локализациясының дәлдігіне дейінгі оның өнімділігінің әртүрлі аспектілерімен қаншалықты жақсы күресетінін тереңірек түсінуге мүмкіндік береді. Мысалы, Total Loss үлгі өнімділігінің жалпы сапасын көрсетеді және классификациямен, қораптың регрессиясымен, нысандылығымен және сөйлем шеңберін болжаумен (RPN) байланысты барлық жеке шығындардың қосындысы болып табылады. Төмен жалпы жоғалту мәндері модельдің классификациядағы да, локализациядағы да қателерді азайту мүмкіндігін көрсетеді, бұл оның жалпы өнімділігі үшін өте маңызды. Әрбір көрсеткіш үлгі өнімділігін бағалауда рөл атқарады. Классификатордың жоғалуы модельге, мысалы, қатерсіз және қатерлі ісіктерді ажыратуға мүмкіндік беретін объектінің классификациясының дәлдігін анықтайды. Box Regression Loss локализацияның дәлдігі диагнозды анықтайтын медициналық кескінді талдауда ерекше маңызды болып табылатын шектейтін қорап

координаттарын болжау дәлдігін бағалайды. Нысанды жоғалту үлгіге маңызды нысанның ұсынылған жолақта орналасу ықтималдығын анықтауға көмектеседі, жалған оң мәндерді азайтады. Соңында, RPN Box Loss аймақтық ұсыныстардың дұрыстығына жауап береді және әрі қарай талдаудың жылдамдығы мен дәлдігіне әсер етеді. Бұл көрсеткіштер бірігіп, оның жұмысының барлық кезеңдерінде, қораптық ұсыныстарды қалыптастырудан бастап, нысандардың соңғы жіктелуіне дейін үлгінің өнімділігінің толық бейнесін береді.

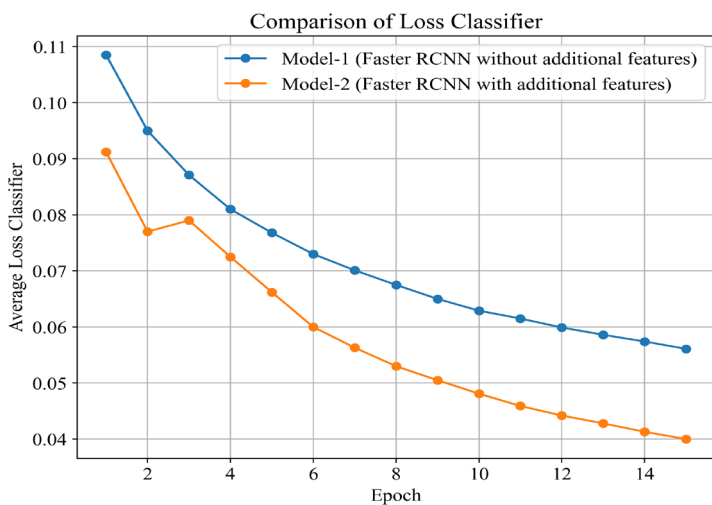
2-суретте 15 дәуір үшін дайындалған екі үлгіге арналған Орташа жалпы шығынды салыстыру диаграммасы көрсетілген. 2-суретте Faster R-CNN үлгісінің екі түрлі нұсқасы көрсетілген, мысалы, Модель-1 (қосымша мүмкіндіктерсіз) көк түспен және Модель-2 (қосымша мүмкіндіктері бар) қызғылт сары түспен көрсетілген. Абсцисса (X) осі үлгілер дайындалған дәуірлер санын, ал ордината (Y) осі әрбір дәуір үшін Орташа жалпы жоғалту мәндерін көрсетеді.



Сур. 2. Модельді оқыту кезіндегі жалпы жоғалту нәтижесі (жалпы жоғалтулар)

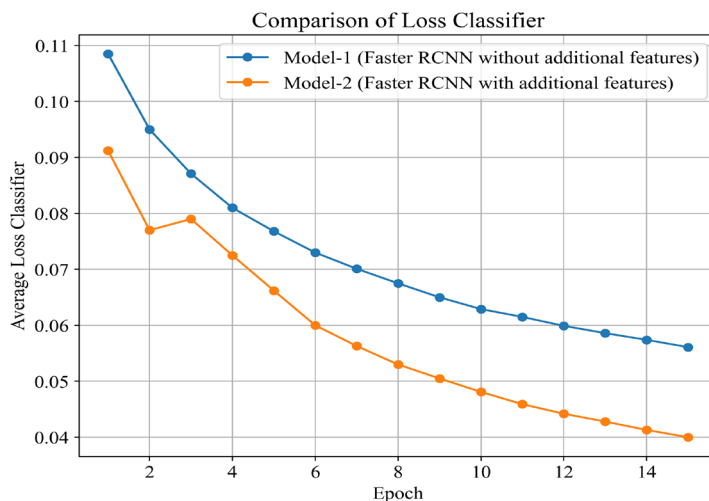
Модель-1 және Модель-2 салыстырмалы талдау эксцентристик текстуралық және статистикалық сипаттамалар сияқты қосымша мүмкіндіктерді қосуға байланысты соңғысының маңызды артықшылығын көрсетеді. 2-модель оқу үдерісінде айтарлықтай төмен Total Loss мәндерін көрсетті, бұл оның қателерді тиімдірек азайту мүмкіндігін көрсетеді. Жаттығудың бастапқы кезеңдерінде Орташа жалпы жоғалтудың айырмашылығы байқалды. Бірінші дәуірде Модель-1 шамамен 0,26 шығынға ие болды, ал Модель-2 шамамен 0,22 төмен мәнмен басталды. Себебі қосымша мүмкіндіктер үлгі 2-ге аномальды аймақтардың текстуралық және құрылымдық ерекшеліктерін қарастыруға мүмкіндік беріп, үлгіні жақсырақ тануға және қателерді азайтуға ықпал етті. 2-модель үшін жалпы жоғалтудың төмендеу қарқыны оқу барысында да айқынырақ болды. Мысалы, жетінші дәуірде ол шамамен 0,14 мән

жетті, ал Модель-1 шамамен 0,19 шамасында қалды. Он бесінші дәуірде Модель-2 шамамен 0,11 жоғалтуға қол жеткізді, ал Модель-1 шамамен 0,16 жоғалтумен аяқталды. Бұл қосымша мүмкіндіктер оның аномалияларды тану және локализациялаудағы дәлдігін айтарлықтай жақсартқанын растайды. 2-модель нысандар мен фондарды ажыратуға және шектейтін жәшіктердің координаталарын дәл анықтауға қабілетті болды, бұл соңғы жоғалтуды айтарлықтай азайтты. Керісінше, 1-үлгіде қосымша мүмкіндіктердің болмауы оның аномалияларды тану мүмкіндігін шектеді, нәтижесінде жоғалту жоғары болды. Бұл нәтижелер терең оқыту үлгілерінің өнімділігін жақсарту үшін текстуралық және геометриялық мүмкіндіктерді пайдаланудың тиімділігін растайды. 3-суретте 15 дәуірге арналған жаттығу кезінде Faster R-CNN үлгісінің екі нұсқасы үшін орташа жіктеуші жоғалтуды салыстыру диаграммасы көрсетілген. Диаграммада көгілдір түспен Модель-1 (қосымша мүмкіндіктерсіз) және қызғылт сары түспен Модель-2 (қосымша мүмкіндіктері бар) нәтижелері көрсетілген. Абсцисса (X) осі дәуірлер санын, ал ордината (Y) осі әрбір дәуірдің орташа жіктеу жоғалту мәндерін білдіреді.



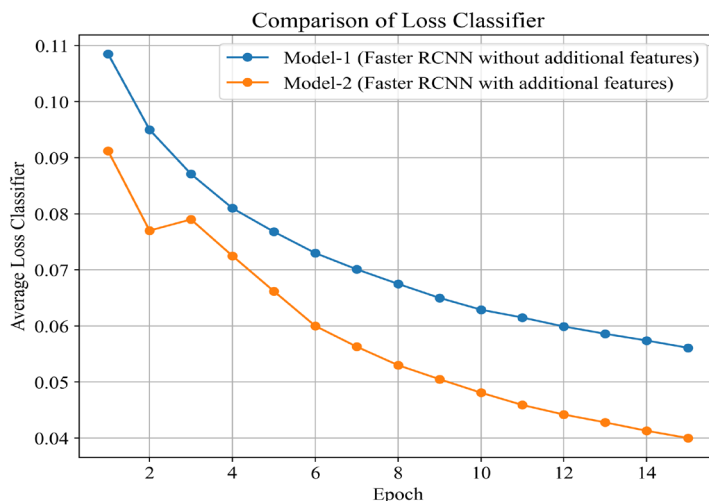
Сур. 3. Модельдерді оқыту кезіндегі классификаторды жоғалту нәтижесі

Жалған позитивтердің санын азайту үшін маңызды ерекшелік 1-үлгіде оқытудың басында 0,80-ден 0,94-ке дейін өсті. Осымен қатар, текстуралық-геометриялық көрсеткіштер қосылған 2-модельде ерекшелік 0,82-ден басталып, он бес дәуірден кейін 0,97-ге жетті. Бұл айырмашылық (соңғы итерацияда шамамен 0,03–0,05) патологиясы жоқ аймақтарды локализациялау мен жіктеудің жоғары дәлдігін және қосымша мүмкіндіктер жинағын пайдалану кезінде жалған позитивтердің аз екендігін көрсетеді. 4-суретте ROC-AUC мәндерінің эволюциясы көрсетілген, сүт безі тініндегі ықтимал қатерлі аймақтарды анықтау кезінде екі модельдің де сезімталдығы мен ерекшелігі арасындағы тепе-теңдікті көрсетеді.



Сур. 4. Маммографиялық диагностикадағы ROC-AUC көрсеткішінің салыстырмалы талдауы

График 1-үлгінің бұл көрсеткішті 0,75-тен 0,93-ке дейін арттырғанын көрсетеді, ал 2-үлгі тезірек жақсартуды көрсетеді: 0,78-ден 0,96-ға дейін. Айырмашылық әсіресе орта дәуірлерде (6–10) байқалады, мұнда 2-үлгінің ROC-AUC тұрақты түрде 0,04–0,06 жоғары болады. Мұндай өсу гибриді терең оқыту тәсілінің және қосымша текстуралық-геометриялық белгілердің қатерлі ісіктерді қалыпты аймақтардан дәлірек ажырату мүмкіндігін көрсетеді, компьютерлік диагностиканың сапасын айтарлықтай жақсартады. 5-сурет қатерлі өзгерістерге арналған маммографиялық кескіндерді жіктеу кезінде FasterR-CNN екі нұсқасының дәлдігі қалай өзгередінін көрсетеді.



Сур. 5. Патологияны танудағы соңғы дәлдікті (дәлдік) бағалау

1-үлгіде дәлдік $\approx 0,70$ -тен (1-дәуір) 0,91-ге (15-дәуір) дейін өсті, ал 2-үлгі 0,73-тен басталып, жаттығудың соңында 0,99 дерлік жететін жақсартудың же-

делдетілген жылдамдығын көрсетті. Екінші үлгідегі секіріс әсіресе аралық кезеңдерде (5–8 дәуірлер) байқалады, мұнда дәлдік $\approx 0,83$ -тен $0,87$ -ге дейін өсті, ал 1-үлгі $0,80$ - $0,84$ деңгейінде қалды. Бұл нәтижелер 2-модельге қосылған мүмкіндіктердің (энтропия, орташа қарқындылық, эксцентристтік және GLCM мүмкіндіктері сияқты) классификатордың жалпылау қабілетін жақсартатынын растайды, бұл маммографиялық деректердің шектеулі контрасты және гетерогенділігі жағдайында ісік құрылымдарын дәлірек анықтауға мүмкіндік береді. Бұл нәтижелер күрделі анықтау тапсырмаларында терең оқыту үлгілерінің өнімділігін жақсарту үшін қосымша мүмкіндіктерді пайдаланудың маңыздылығын көрсетеді.

Қорытынды

Ұсынылған жұмыс терең оқыту әдістері мен кескіндердің текстурасы мен геометриялық сипаттамаларын талдаудың үйлесімі негізінде сүт безі обыры классификациясының гибриді әдісін әзірлеуге және талдауға арналған. Ұсынылған әдіс өзгертілген Faster Region-based Convolutional Neural Network (Faster R-CNN) архитектурасын қолданып, қалыптан тыс аймақтарды жіктеу мен локализациялауда жоғары тиімділікті көрсетті. Текстуралық метрика және эксцентристтік сияқты қосымша мүмкіндіктерді қосу диагностикалық дәлдікті жақсартуға ғана емес, сонымен қатар нәтижелердің түсіндірмелілігін арттыруға мүмкіндік берді. Тәжірибелер ұсынылған тәсілдің негізгі үлгімен салыстырғанда жоғалтуларды айтарлықтай азайтуды және дәлдікті арттыруды қамтамасыз ететінін көрсетті. Бұл оны медициналық тәжірибеде енгізу үшін перспективалы етеді, мұнда автоматтандыру және кескінді талдаудың жоғары дәлдігі негізгі талаптар болып табылады. Мысалы, жалпы жоғалтудың 30% -ға төмендеуі және жіктеу өнімділігінің жақсаруы текстура мен геометриялық мүмкіндіктерді біріктіру терең оқыту үлгілерінің өнімділігін арттырудың маңызды бағыты екенін растайды. Бұған қоса, қалыпқа келтіру, гистограмманы теңестіру және LUT пайдалану сияқты кескінді алдын ала өңдеу әдістерін енгізу тіндердің құрылымдық ерекшеліктерін визуализациялауды жақсартты. Бұл үлгінің дәлдігін арттырып қана қоймай, сонымен қатар DICOM пішіміндегі медициналық кескіндермен жұмыс істеу кезінде ерекше маңызды болып табылатын бастапқы деректер сапасының нашарлығының әсерін азайтты. Болашақ зерттеулер клиникалық параметрлер, генетикалық ақпарат және медициналық бейнелеудің басқа түрлері сияқты мультидисциплинарлық деректерді қамтитын гибриді модельдерді одан әрі дамытуға бағытталуы мүмкін. Бұл дәлірек және жекелендірілген диагностикалық модельдерді жасауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, есептеу шығындарын оңтайландыру ұсынылған тәсілдерді нақты әлемдегі клиникалық жағдайларда, әсіресе ресурстары шектеулі аймақтарда пайдалану үшін қол жетімді етеді. Бұл тәсіл жоғары дәлдікті, түсіндіруді және практикалық қолдануды біріктіретін әмбебап медициналық диагностикалық жүйелерді құру жолындағы маңызды қадам болуы мүмкін.

ӘДЕБИЕТТЕР

Оразаева А., Түсіпов Ж., Шаңғытбаева Г., Ғалымова А., Жүнісова У., Тергеуссизова А., Кенжебаева З. (2024). Машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, сүт безі патологиясын Тиімді анықтау // *Халықаралық Электротехника Және Есептеу Техникасы Журналы*. — Рр. 2088–8708. — 2024. — Том. 14. — № 5.

Оразаева А., Войчик В., Павлов С., Тимченко Л., Кокриацка Н., Твердомед В., Семенова Л. (2022). контурларды дайындауға негізделген биомедициналық кескінді сегментациялау әдісі // *Астрономия, Байланыс, Өнеркәсіп Және Жоғары Энергетикалық Физика Эксперименттеріндегі Фотоника Қолданбалары* 2022. — Том. 12476. — Б.21–26. Б.13–20.

Тянь Д., Чен В., Сю Д., Сю Л., Сю Г., Гуо Ю., Яо Ю. (2024). машиналық оқытуды қолдана отырып, дәстүрлі Қытай медицинасының диагностикасына шолу: Инспекция, аускультация-ніс сезу, анықтау және пальпация // *Биология Мен Медицинадағы Компьютерлер*. 2024. — № 108074.

АҚШ-Тың Профилактикалық Қызметтерінің Жұмыс Тобының сүт безі қатерлі ісігінің Скринингі // *JAMA*. 2024. — Том. 331. — № 22. — Б.1973–1974 Цениос Н., Тазаниос М. Е., Чахин М. (2024). ВМІ – нің сүт безі қатерлі ісігіне әсері-жаңартылған жүйелі шолу және мета-анализ // *Медицина*. 2024. — Том. 103. — № 5. — е36831.

Obeagu E. I., Obeagu G. U. Сүт безі қатерлі ісігі: қауіп факторлары мен диагностикасына шолу // *Медицина*. 2024. — Том. 103. — № 3. — е36905.

Найзағараева А., Абдикеримова Г., Шайханова А., Глазырина Н., Бекмағамбетова Г., Мutowина Н., Танирбергенев А. (2023). терең оқыту әдістерін қолдана отырып, жүрек патологиясын Анықтау // *Халықаралық Электротехника Және Есептеу Техникасы Журналы* (2088-8708). 2023. — Том. 13. — № 6.

Әбдікерімова Г., Шекербек А., Төленбаев М., Сұлтанова Б., Беглерова С., Джаулыбаева Е., Рысбекқызы Б. фракталдық әдіспен өкпе патологиясын Анықтау // *Халықаралық Электротехника Және Есептеу Техникасы Журналы* (2088-8708). – 2023. - Том. 13, № 6.

Джонс К., Кастро Д. К., Де Souza Рибейро Ф., Октай О., Маккрадден М., Глокер Б. медициналық бейнелеу үшін машиналық оқытудағы деректер жиынтығының біржақтылығының себептік перспективасы // *Nature Machine Intelligence*. – 2024. - Том. 6, № 2. – Б.138-146.

Кар Н. К., Яна С., Рахман А., Ашокрао П. Р., Индхумати Г., Мангай Р. А. Медициналық Кескінді Талдауда Терең Оқытуды Қолдана отырып, Интракраниальды Қан Кетуді Автоматтандырылған Анықтау // *2024 Халықаралық Деректер Ғылымы Және Желілік Қауіпсіздік Конференциясы (ICDSNS)*. – 2024. – Б.1-6.

Чжан Дж., Сяо Л., Чжан Ю., Лай Дж., Ян Ю. медициналық кескінді өңдеудегі терең оқыту алгоритмін Оңтайландыру және өнімділікті бағалау // *Есептеу Және Интеллектуалды Жүйелердегі Шекаралар*. – 2024. - Том. 7, № 3. – Б.67-71.

Zeng Q., Sun W., Xu J., Wan W., Pan L. Машиналық Оқытуға негізделген Медициналық Бейнелеуді Анықтау және Диагностикалық Көмек // *Халықаралық Информатика Және Ақпараттық Технологиялар Журналы*. – 2024. - Том. 2, № 1. – Б.36-44.

Алаттар М., Говинд А., Майнали С. ұйқы медицинасындағы стандартты диагностиканы автоматтандыруға арналған Жасанды интеллект модельдері—жүйелі шолу // *Биоинженерия*. – 2024. - Том. 11, № 3. – Б.206.

Әбу Гайда Р., Каннарелла Р., Калогеро А. Е., Шах Р., Рамбхатла А., Зоди В., Форум Г. а. андрологиядағы Жасанды интеллект: шәует анализінен кескін диагностикасына дейін // *Дүниежүзілік Ерлер Денсаулығы Журналы*. – 2024. - Том. 42, № 1. – Б.39.



REFERENCES

- Orazayeva A., Tussupov J., Shangytbayeva G., Galymova A., Zhunisova U., Tergeussizova A., Kenzhebayeva Z. (2024). Effective detection of breast pathology using machine learning methods // *International Journal of Electrical & Computer Engineering*. — Pp. 2088–8708. 2024. — Vol. 14. — No. 5. (in Eng.)
- Orazayeva A., Wójcik W., Pavlov S., Tymchenko L., Kokriatska N., Tverdomed V., Semenova L. (2022). Biomedical image segmentation method based on contour preparation // *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2022*. — Vol. 12476. — P. 21–26. (in Eng.)
- Orazayeva A., Wójcik W., Pavlov S., Tussupov J., Prokopovich I., Kovalchuks O., Zhunisova U. (2022). Imaging fuzzy expert system for assessing dynamic changes in biomedical tumor images in breast cancer // *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2022*. — Vol. 12476. — Pp. 13–20. (in Eng.)
- Tian D., Chen W., Xu D., Xu L., Xu G., Guo Y., Yao Y. (2024). A review of traditional Chinese medicine diagnosis using machine learning: Inspection, auscultation-olfaction, inquiry, and palpation // *Computers in Biology and Medicine*. — 2024. — No. 108074. (in Eng.)
- Tzenios N., Tazaniou M. E., Chahine M. (2024). The impact of BMI on breast cancer – an updated systematic review and meta-analysis // *Medicine*. 2024. — Vol. 103. — No. 5. — e36831. (in Eng.)
- Obeagu E. I., Obeagu G. U. Breast cancer: A review of risk factors and diagnosis // *Medicine*. 2024. — Vol. 103. — No. 3. — e36905. (in Eng.)
- Naizagarayeva A., Abdikerimova G., Shaikhanova A., Glazyrina N., Bekmagambetova G., Mutovina N., Tanirbergenov A. (2023). Detection of heart pathology using deep learning methods // *International Journal of Electrical & Computer Engineering*. — Pp. 2088–8708. 2023. — Vol. 13. — No. 6. (in Eng.)
- Abdikerimova G., Shekerbek A., Tulenbayev M., Sultanova B., Beglerova S., Dzhaulybaeva E., Rysbekkyzy B. (2023). Detection of lung pathology using the fractal method // *International Journal of Electrical & Computer Engineering*. — Pp. 2088–8708. 2023. — Vol. 13. — No. 6. (in Eng.)
- Jones C., Castro D. C., De Sousa Ribeiro F., Oktay O., McCradden M., Glocker B. (2024). A causal perspective on dataset bias in machine learning for medical imaging // *Nature Machine Intelligence*. 2024. — Vol. 6. — No. 2. — P. 138–146. (in Eng.)
- Kar N.K., Jana S., Rahman A., Ashokrao P.R., Indhumathi G., Mangai R.A. (2024). Automated Intracranial Hemorrhage Detection Using Deep Learning in Medical Image Analysis // *2024 International Conference on Data Science and Network Security (ICDSNS)*. 2024. — P. 1–6. (in Eng.)
- Zhang J., Xiao L., Zhang Y., Lai J., Yang Y. (2024). Optimization and performance evaluation of deep learning algorithm in medical image processing // *Frontiers in Computing and Intelligent Systems*. 2024. — Vol. 7. — No. 3. — P. 67–71. (in Eng.)
- Zeng Q., Sun W., Xu J., Wan W., Pan L. (2024). Machine Learning-Based Medical Imaging Detection and Diagnostic Assistance // *International Journal of Computer Science and Information Technology*. 2024. — Vol. 2. — No. 1. — Pp. 36–44. (in Eng.)
- Alattar M., Govind A., Mainali S. (2024). Artificial intelligence models for the automation of standard diagnostics in sleep medicine—a systematic review // *Bioengineering*. 2024. — Vol. 11. — No. 3. — P. 206. (in Eng.)
- Abou Ghayda R., Cannarella R., Calogero A.E., Shah R., Rambhatla A., Zohdy W., Forum G.A. (2024). Artificial intelligence in andrology: from semen analysis to image diagnostics // *The World Journal of Men's Health*. 2024. — Vol. 42. — No. 1. — P. 39. (in Eng.)

**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 60х881/8. 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