

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



**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ
ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION
AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

2025 (22) 2

сәуір - маусым

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

БАС РЕДАКТОР:

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

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

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

ҒАЛЫМ ХАТШЫ:

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

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

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

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

Микеле Пагано — PhD, Пиза Университетінің (Италия) профессоры

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

РЕДАКТОР:

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

Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

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

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

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тираж: 100 дана.

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

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

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

© Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті АҚ, 2025

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

Микеле Пагано — PhD, профессор Университета Пизы (Италия)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Дамеля 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)

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

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

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

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

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

Damilya 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. 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

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 ТАҢУ ҮЛГІЛЕРІН БЕЙІМДЕУ.....	214
Д.И. Усипбекова, М.Б. Есенова, Н. Ұзаққызы, Р. Муратхан, П. Шмидт МАММОГРАФИЯЛЫҚ СУРЕТТЕРДЕ СҮТ БЕЗІ ҚАТЕРЛІ ІСІГІН ДӨЛ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН БЕЛГІЛЕР ВЕКТОРЫН ҚҰРУ.....	235

СОДЕРЖАНИЕ

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

CONTENTS

M. Aitimov, K. Makulov, A. Ostayeva, G. Mussagulova, J. Kultan APPLICATION OF A HYBRID MODEL TO STUDY THE IMPACT OF SOCIO-ECONOMIC FACTORS ON REGIONAL DEVELOPMENT.....	8
A. Bayegizova, G. Murzabekova, A. Alimagambetova, G. Mukhamedrakhimova, M. Kassim INTELLIGENT CLUSTERING METHODS FOR PROCESSING AND ANALYZING SHORT TEXTS.....	23
G.U. Bektemysova, A.A. Bykov, B.A. Norashikin, A.A. Keresh, M.O. Dauletbek DEVELOPMENT AND TESTING OF AN INTELLIGENT MONITORING SYSTEM FOR CONSTRUCTION PROCESSES BASED ON COMPUTER VISION AND MACHINE LEARNING.....	37
D. Yedilkhan, N. Khaimuldin, D. Ospanova, B. Amirgaliyev INTELLIGENT MODEL FOR FINDING THE OPTIMAL ROUTE TO COVER ALL STREETS WITH MOVEMENT CONSTRAINTS.....	57
A. Ignatovich, A.S. Yesengeldina, L.T. Kurmangazyeva, S.R. Sharmukhanbet, A.M. Nedzved SIGNIFICANT FACTORS ANALYSIS USING SHAP AND PCA FOR OPTIMIZING AGRICULTURAL RESOURCE MANAGEMENT.....	75
A. Kassymova, G. Abdikerimova, A. Assabay, A. Serikbayeva, S. Akhmedova REAL-TIME MATHEMATICAL MODELING FOR MOVING OBJECT DETECTION IN VIDEO STREAMS.....	91
S.K. Kumargazhanova, D. Nurlybekova, A.S. Tlebaldinova, M.A. Karmenova, S.S. Smailova FINDING AVALANCHE AREAS IN EAST KAZAKHSTAN USING MACHINE LEARNING.....	115
S.B. Mukhanov, K. Bekbolat, N.A. Seilova, Zh.M. Bekaulova, S.Zh. Zhakypbekov COMPARISON OF NEURAL NETWORK MODELS FOR PREDICTION CRYPTOCURRENCY PRICE VOLATILITY IN TRADING PAIRS.....	130
N. Odanova, K. Bagitova, E. Eldarova, Zh. Kabylkhamit, L. Tereikovska APPLICATION OF NEURAL NETWORK MODELS FOR KEYSTROKE DYNAMICS ANALYSIS IN INFORMATION SECURITY.....	142
A.S. Srazh, M. Nurtas, A.A. Altaibek, Z.T. Abdikalikova EURAL NETWORKS AS A TOOL FOR MATHEMATICAL COMPUTATION.....	154
A.M. Temirkhan, G.N. Pachshenko GRAPH NEURAL NETWORKS FOR FRAUD DETECTION: COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS.....	174
Y.B. Tulebayev, A.A. Mukhanova, N. Goranin PREDICTIVE RISK ASSESSMENT OF MUNICIPAL ASSETS USING MACHINE LEARNING: MODELING AGE, DEPRECIATION, AND USAGE FOR MAINTENANCE DECISIONS.....	186
S. Tynymbayev, Zh. E. Temirbekova, R. Berdibayev, E.S. Mamanova COMPARATIVE ANALYSIS OF FOUR-BIT BINARY ADDERS WITH PARALLEL CARRIES.....	200
B.M. Ukibassov, S.B. Rakhmetulayeva, Zh.O. Zhanabekov, Ansar-Ul-Haque Yasar ADAPTING FACE DETECTION AND RECOGNITION MODELS FOR ECHOCARDIOGRAPHIC DEFECT DIAGNOSIS.....	214
D. Ussipbekova, M. Yessenova, N. Uzakkyzy, R. Muratkhan, P. Schmidt DETERMINATION OF SIGNS VECTOR FOR ACCURATE DETECTION OF BREAST CANCER IN MAMMOGRAM IMAGES.....	235

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 6. Is. 2. Number 22 (2025). Pp. 91–114

Journal homepage: <https://journal.iitu.edu.kz><https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.006>

УДК 004.931

REAL-TIME MATHEMATICAL MODELING FOR MOVING OBJECT DETECTION IN VIDEO STREAMS

A. Kassymova¹, G. Abdikerimova^{2*}, A. Assabay¹, A. Serikbayeva³, S. Akhmedova⁴

¹Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University, Uralsk, Kazakhstan;

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

³Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana,
Kazakhstan;

⁴Sumgait State University, Sumgait, Azerbaidzhan.

E-mail: gulzira1981@mail.ru

Kassymova A. — Candidate of Pedagogical Sciences, associate professor, Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University, Uralsk, Kazakhstan

E-mail: kasimova_ah@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4614-4021>;

Abdikerimova G. — PhD, associate professor, «Department of Information Systems», Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan

E-mail: gulzira1981@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4953-0737>;

Assabay A. — Master's student in Information Technology, Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University, Uralsk, Kazakhstan

E-mail: 02assabayazamat@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-9542-348>;

Serikbayeva A. — Master of Sc., Senior Lecturer, «the Department of Higher Mathematics, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan

E-mail: ser_assem@mail.ru;

Akhmedova S. — senior lecturer, «the Department of Information Technology and Programming», Sumgait State University, Sumgait, Azerbaidzhan

E-mail: axmedova60@mail.ru.

© A. Kassymova, G. Abdikerimova, A. Assabay, A. Serikbayeva, S. Akhmedova, 2025

Abstract. The development of mathematical models for real-time detection of moving objects in video streams is crucial, particularly in response to the increasing need for security and automation. This study presents a detection system based on the Faster Region-Based Convolutional Neural Network (Faster R-CNN) framework, integrating multiple backbone architectures such as Residual Network-50 (ResNet-50), Feature Pyramid Network (FPN), MobileNet Version 3 Large, and Efficient Network-B0 (EfficientNetB0) enhanced with a Self-Attention mechanism. The model leverages deep neural networks combined with scaling techniques to extract object features effectively, ensuring adaptability across various operational conditions. Experimental findings reveal outstanding accuracy, with the MobileNet



Version 3 Large model achieving 95.70 % accuracy and the Residual Network-50 model attaining 100 % accuracy within the first three epochs. The Faster R-CNN model using EfficientNetB0 with a Self-Attention mechanism also achieves 100 % accuracy by the third epoch, maintaining consistent performance in subsequent training cycles. The model with the ResNet-50 and FPN backbone demonstrates a reduction in average loss from 0.0922 during the first epoch to 0.0102 by the 15th epoch, highlighting its robustness and efficiency. Future investigations may focus on enhancing the proposed system to manage more complex and dynamic video scenarios, as well as optimizing data processing to lower computational costs and improve processing speed.

Key words: Real-time object detection, video stream processing, face embeddings, multi-threaded recognition, machine learning, object classification

For citation: A. Kassymova, G. Abdikerimova, A. Assabay, A. Serikbayeva, S. Akhmedova. Real-time mathematical modeling for moving object detection in video streams//International journal of information and communication technologies. 2025. Vol. 6. No. 22. Pp. 91–114 (In Kaz.). [HTTPS://DOI.ORG/10.54309/IJICT.2025.22.2.006](https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.006)

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

БЕЙНЕ АҒЫНДАРЫНДА ҚОЗҒАЛАТЫН ОБЪЕКТІЛЕРДІ АНЫҚТАУ ҮШІН НАҚТЫ УАҚЫТТАҒЫ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

А.Х. Касымова¹, Г.Б. Абдикеримова^{2}, А.Қ. Асабай¹, А.Б. Серикбаева³,
С.М. Ахмедова⁴*

¹Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті,
Орал, Қазақстан;

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

³С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана,
Қазақстан;

⁴Сумгаит мемлекеттік университеті, Сумгаит, Әзірбайжан.

E-mail: gulzira1981@mail.ru

Касымова А. — қауымдастырылған профессор, педагогика ғылымдарының кандидаты, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал Қазақстан
E-mail: kasimova_ah@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4614-4021>;

Абдикеримова Г. — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының м.а. доценты, PhD, Астана, Қазақстан, Сатпаев к., 2, 010000
E-mail: gulzira1981@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4953-0737>;

Асабай А. — Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, «Ақпараттық технологиялар» мамандығының магистранты, Орал, Қазақстан
E-mail: 02assabayazamat@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-9542-348>;

Серикбаева А. — С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, “Жоғары математика” кафедрасының аға оқытушысы, магистр, Астана, Қазақстан
e-mail: ser_assem@mail.ru;

Ахмедова С. — Сумгаит мемлекеттік университетінің «Ақпараттық технологиялар және бағдарламалау» кафедрасының аға оқытушысы, Сумгаит, Әзірбайжан қ.

E-mail: axmedova60@mail.ru.

© А.Х. Касымова, Г.Б. Абдикеримова, А.Қ. Асабай, А.Б. Серикбаева, С.М. Ахмедова, 2025

Аннотация. Қозғалыстағы объектілерді нақты уақытта бейне ағындарында анықтауға арналған математикалық модельдерді әзірлеу қауіпсіздік пен процестерді автоматтандыру қажеттілігінің артуына байланысты маңызды міндет болып табылады. Бұл зерттеуде Faster Region-Based Convolutional Neural Network (Faster R-CNN) моделіне негізделген анықтау жүйесі ұсынылады. Жүйе Residual Network-50 (ResNet-50), Feature Pyramid Network (FPN), MobileNet Version 3 Large және Efficient Network-B0 (EfficientNetB0) сияқты әртүрлі архитектураларды пайдаланады және Self-Attention механизмімен күшейтілген. Модель объектілердің белгілерін тиімді түрде бөліп алып, терең нейрондық желілер мен масштабтау әдістерін пайдалану арқылы әртүрлі операциялық жағдайларға бейімделуді қамтамасыз етеді. Эксперименттік нәтижелер жоғары дәлдікті көрсетеді: MobileNet Version 3 Large моделі 95,70 % дәлдікке, ал Residual Network-50 моделі алғашқы үш оқу кезеңінде 100 % дәлдікке жетті. EfficientNetB0 архитектурасы мен Self-Attention механизмі қолданылған Faster R-CNN моделі де үшінші кезеңге дейін 100% дәлдікке жетіп, кейінгі оқу циклыдарында тұрақты нәтижелер көрсетті. ResNet-50 және FPN архитектурасы қолданылған модель бірінші оқу кезеңіндегі орташа шығын мәнін 0,0922-ден он бесінші кезеңге дейін 0,0102-ге дейін төмендетуді көрсетті, бұл оның сенімділігі мен тиімділігін растайды. Болашақ зерттеулер ұсынылған жүйені күрделірек және динамикалық бейне сценарийлерін өңдеуге бейімдеуге, сондай-ақ есептеу шығындарын азайтып, өңдеу жылдамдығын арттыру үшін деректерді өңдеуді оңтайландыруға бағытталуы мүмкін.

Түйін сөздер: Нақты уақыттағы нысанды анықтау, бейне ағынын өңдеу, бетті ендіру, көп ағынды тану, машиналық оқыту, нысанды жіктеу

Дәйексөздер үшін: А.Х. Касымова, Г.Б. Абдикеримова, А.Қ. Асабай, А.Б. Серикбаева, С.М. Ахмедова. Бейне ағындарында қозғалатын объектілерді анықтау үшін нақты уақыттағы математикалық модельдеу // Халықаралық ақпараттық және коммуникалық технологиялар журналы. 2025. Т. 6. No. 22. 91–114 бет. (қазақ тілінде). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.006>.

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

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОТОКАХ

А.Х. Касымова¹, Г.Б. Абдикеримова^{2}, А.К. Асабай¹, А.Б. Серикбаева³, С.М. Ахмедова⁴*

¹Западно-Казахстанского аграрно-технический университет имени Жангир



хана, Уральск, Казахстан;

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

³Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.
Сейфуллина, Астана, Казахстан;

⁴Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан.
E-mail: gulzira1981@mail.ru

Касымова А. — кандидат педагогических наук, доцент, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, Уральск, Казахстан

E-mail: kasimova_ah@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4614-4021>;

Абдикеримова Г. — PhD, исполняющая обязанности доцента кафедры «Информационных систем» Л.Н. Гумилева Евразийского национального университета, Астана, Казахстан

E-mail: gulzira1981@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4953-0737>;

Асабай А. — магистрант по специальности «Информационные технологии», Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, Уральск, Казахстан

E-mail: 02assabayazamat@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-9542-348>;

Серикбаева А. — магистр, старший преподаватель, «Кафедра высшей математики», Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

E-mail: ser_assem@mail.ru;

Ахмедова С. — старший преподаватель, «Кафедра информационных технологий и программирования», Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

E-mail: axmedova60@mail.ru.

© А.Х. Касымова, Г.Б. Абдикеримова, А.К. Асабай, А.Б. Серикбаева, С.М. Ахмедова, 2025

Аннотация. В статье рассматривается использование гибридной модели при изучении влияния социально-экономических факторов на региональное развитие. Этот подход объединяет корреляционный анализ, анализ главных компонент (РСА) и нечеткую логику. Целью исследования является разработка модели, учитывающей многомерные и нелинейные связи между такими факторами, как численность населения, занятость и инвестиции в основной капитал, и оценка их влияния на региональные социально-экономические процессы. В качестве основных данных использовались численность населения (431 192 человека), среднемесячная заработная плата (2 658 658 тенге), инвестиции в основной капитал (1 646 258 тенге), занятое население (1 929 тыс. человек). Результаты исследования показали, что численность населения оказывает положительное влияние на экономические процессы, коэффициент влияния составляет 3,28, а коэффициент влияния инвестиций в основной капитал — 3,44. Гибридная модель позволила нам с высокой точностью оценить влияние каждого фактора. Использование этого метода поможет улучшить стратегии регионального экономического развития и принимать управленческие решения на основе данных. Результаты исследования демонстрируют важность гибридных методов для политики регионального развития, поскольку они позволяют проводить комплексный анализ региональных социально-экономических тенденций и повышают достоверность результатов.

Ключевые слова: гибридная модель, социально-экономические факторы, корреляционный анализ, машинное обучение, искусственный интеллект

Для цитирования: А.Х. Касимова, Г.Б. Абдикеримова, А.К. Асабай, А.Б. Серикбаева, С.М. Ахмедова. Математическое моделирование в реальном времени для обнаружения движущихся объектов в видеопотоках//Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. 2025. Т. 6. No. 22. Стр. 91–114. (На каз.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.22.2.006>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Кіріспе

Терең оқытуды нақты әлемдік мәселелерге қолданудағы негізгі қиындықтардың бірі – мәліметтердің жеткіліксіздігі. Қазіргі зерттеулер көрсеткендей, нейрондық желілерді тиімді оқыту үшін үлкен көлемдегі деректер қажет, алайда нақты жағдайларда деректер көбінесе шектеулі болады. Бұл әсіресе мультимодальды деректерге қатысты, онда ең жақсы нәтижеге қол жеткізу үшін әртүрлі көздерден алынған деректерді (мысалы, кескіндер, мәтіндер, уақыттық мәліметтер) біріктіру қажет. Бұл мәселені шешу үшін деректерді толықтыру әдістері, трансферлік оқыту, сондай-ақ генеративті бәсекелес желілерді (GANs) пайдалана отырып синтетикалық деректерді жасау әдістері кеңінен қолданылады. Мысалы, TriChronoNet электр энергиясы бағаларын болжауға арналған мультимодальды деректерді біріктіру әдісін ұсынып, шектеулі дереккөздер жағдайында жоғары тиімділігін көрсетеді.

Бет-әлпетті тану жүйелерін әзірлеу – компьютерлік көру және жасанды интеллект саласындағы маңызды міндеттердің бірі, әсіресе қазіргі уақытта қауіпсіздік және жеке тұлғаны сәйкестендіру талаптары күшейіп жатқан кезде. Бет-әлпетті тану жүйелері әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады: кіруді басқарудан және қоғамдық орындарды бақылаудан бастап, жеке қосымшалар мен қызметтерге дейін. Сондықтан қолданыстағы бет-әлпетті тану әдістерін жетілдіру өзекті міндет болып қалып отыр, бұл үшін терең оқыту (Waelen et. al., 2023; Dang et. al., 2023) және бет-әлпет ендіргіштері (Opanasenko et. al., 2024; Carragher et. al., 2023) сияқты озық технологияларды енгізу қажет.

Бет-әлпет ендіргіштері – бұл адамның бетінің ерекше белгілерін сандық сипаттайтын векторлық көрсетілімдер, оларды сандық форматта ықшам және ақпаратты түрде көрсетуге мүмкіндік береді. Бұл бет-әлпетті тану және сәйкестендіру міндеттерін машиналық оқыту әдістері мен терең нейрондық желілер арқылы едәуір жеңілдетеді (Jha et. al., 2023; Boutros et. al., 2023). Бет-әлпет ендіргіштері бет кескіндерін талдау және салыстыруға ыңғайлы формаға түрлендіруде маңызды рөл атқарады, бұл бір кадрда бірнеше бетті бір мезгілде тануды қажет ететін көпбағынды жүйелерде ерекше маңызды. Faster Region-Convolutional Neural Network (Faster R-CNN) (Opanasenko et. al., 2024;

Ikromovich et. al., 2023) сияқты заманауи бет-әлпетті тану әдістері сенімді конволюциялық нейрондық желі (CNN) архитектураларын қолданады, бұл кескіндерді өңдеу дәлдігі мен жылдамдығын айтарлықтай арттырады. Осы мақалада нақты уақыт режимінде бет-әлпетті тануды жақсарту үшін әртүрлі архитектураларды (ResNet50 (Hangaragi et. al., 2023; Mamieva et. al., 2023), MobileNetV3, EfficientNetB0) және Self-Attention механизмін қолдану қарастырылады. Бұл архитектуралар жүйенің бейне тізбектерінде әртүрлі жарық жағдайлары, бұрыштар мен сценарийлерге бейімделуін қамтамасыз ете отырып, жоғары тану дәлдігін ұсынады.

Мақалада (Minaee et. al., 2023; Melzi et. al., 2023) ым-ишара тілін тануға арналған CDVGG-16 терең нейрондық желісін пайдалану әдісі ұсынылған. Әдіс бейнені өңдеу арқылы нақты уақыт режимінде ишараларды жіктеу міндетін шешеді. Бұл процесс деректерді жинау, кескіндерді алдын ала өңдеу және жіктеуден тұрады. VGG-16 архитектурасы конволюциялық және максималды таңдау қабаттарынан тұрады, бұл ишара ерекшеліктерін тиімді түрде бөліп алуға мүмкіндік береді. VGG-19-ға қарағанда, бұл модель шамадан тыс сәйкестену ықтималдығын азайтады. Әдіс 95,6 % дәлдікке, 99,9 % қамту көрсеткішіне және жылдам орындау уақытына (0,125 секунд) қол жеткізіп, нақты әлемдегі ым-ишара тілін тану қосымшалары үшін жарамдылығын растайды.

(Chai et. al., 2023) Мақалада бейне кескіндерді өңдеу технологияларын және бөлшектердің ройын оңтайландыру алгоритмін қолдану арқылы спорттық дайындықты жақсарту мүмкіндігі қарастырылған. Дәстүрлі тәсілдер жаттықтырушылардың визуалды бағалауларына негізделгендіктен, спортшылардың дайындық деңгейін арттыруда шектеулі. Ұсынылған қозғалысты тану жүйесі спортшылардың қозғалыс траекторияларын талдауға және анықтамалық қозғалыстармен салыстыруға мүмкіндік береді, бұл дайындық процесін жақсартуға ықпал етеді. Қозғалысты тануды оңтайландыру үшін бөлшектер ройын оңтайландыру алгоритмі қолданылып, спорттық дайындық технологияларын дамытуға елеулі үлес қосады.

(Abdykerimova et. al., 2023) Мақалада адам әрекеттерін бейнеден тануға арналған жаңа динамикалық PSO-ConvNet моделі ұсынылады, ол конволюциялық нейрондық желілерді (ConvNets) және бөлшектер ройын оңтайландыру алгоритмін (PSO) біріктіреді. Transformer және қайталанатын нейрондық желілер (RNNs) сияқты уақыттық деректерді өңдеу әдістерімен интеграция бейнедегі әрекеттерді жіктеу дәлдігін арттырады. UCF-101, Kinetics-400 және HMDB-51 деректер жинақтарындағы эксперименттер тану дәлдігінің 9%-ға дейін артуын көрсетті. PSO-ConvNet моделі адамның әрекеттерінің кеңістіктік-уақыттық динамикасын тиімді түрде анықтап, тану сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.

(Uzakkyzy et. al., 2023) Мақалада видео негізінде бет мимикасын тануға (VFER) арналған гибриді нейрондық желі архитектурасы ұсынылған, ол үш өлшемді конволюциялық нейрондық желіні (3D-CNN) және конволюциялық LSTM (ConvLSTM) желісін біріктіреді. Бұл модель эмоцияларды бейнелей-

тін бейне тізбектерінен кеңістіктік-уақыттық ақпаратты тиімді түрде анықтап, SAVEE, CK+ және AFEW деректер жинақтарында жоғары дәлдікті көрсетеді. Дәстүрлі модельдерге қарағанда, ұсынылған архитектура аз параметрлерді пайдаланып, орындау жылдамдығын арттырады, бұл оны ресурстары шектеулі құрылғыларда нақты уақытта қолдануға мүмкіндік береді.

(Podorozhniak et. al., 2023) Мақалада бейнедегі адам әрекеттерін тануға арналған (HAR) жаңа әдіс ұсынылған, ол бірнеше белгілерді біріктіруге негізделген. Камера қозғалысы, адам қозғалысының тұрақсыздығы және күрделі фон сияқты қиындықтарды шешу үшін тұрақты бейненің инвариантты дескрипторы әзірленді. Әдіс қозғалысты талдау үшін оптикалық ағынды (OF) және бағытталған градиенттердің гистограммасын (HOG), ал пішінді сипаттау үшін жергілікті үштік өрнектерді (LTP) және Цернике моменттерін (ZM) біріктіреді. Осы белгілердің бірігуі соңғы векторды қалыптастырады. IXMAS, CASIA және TV-HI деректер жинақтарындағы эксперименттер бұл әдістің дәлдігі 98,66%-ға дейін жоғары екенін көрсетті. Нәтижелер қолданыстағы әдістерден асып түсіп, ұсынылған тәсілдің тиімділігін дәлелдейді.

Қазіргі заманғы әдістердің бірі – Vision Transformers (ViTs) (Kumar et. al., 2023;), компьютерлік көру мәселелерін шешуде перспективалы технологиялардың бірі болып саналады. Олар кескіндердегі ғаламдық тәуелділіктерді тиімді түрде ескеріп, көптеген тапсырмаларда дәстүрлі конволюциялық нейрондық желілерден (CNNs) асып түседі. Мысалы, гиперспектралды және лидарлық деректерді бірлесіп жіктеуге арналған Modality Fusion Vision Transformer зерттеуі (Lysechko et. al., 2023) Vision Transformers-тің мультимодальды деректерді тиімді өңдей алатынын және жоғары жіктеу дәлдігіне қол жеткізетінін көрсетеді. Тағы бір зерттеуде Vision Transformers-тің жол белгілерін жіктеуге арналған мүмкіндіктері қарастырылып, нақты уақытта объектілерді тануда елеулі нәтижелерге қол жеткізілгенін көрсетті.

Ұсынылған тәсілдің маңызды ерекшелігі – бет ендірмелерін терең оқыту модельдерін оқыту процесіне интеграциялау, бұл жүйенің көпағынды тану мәселелерін жақсырақ шешуіне мүмкіндік береді. Нақты әлемдік жұмыс жағдайларында ұсынылған әдістердің қолданылу мүмкіндігін анықтау үшін модельдердің әртүрлі оқыту кезеңдеріндегі дәлдігі мен тұрақтылығын талдауға ерекше назар аударылады. Осылайша, бұл жұмыс бейне тізбектерінде нақты уақыттағы кескіндерді тануға арналған теңдестірілген тәсілді әзірлеу мен талдауға бағытталған. Ұсынылған нәтижелер мен тұжырымдар бет-әлпетті тану жүйелерін одан әрі жетілдіру үшін пайдаланылуы мүмкін, бұл әсіресе қауіпсіздікті қамтамасыз ету және әртүрлі салалардағы жекелендірілген қызметтер үшін маңызды.

Бет-әлпетті және қозғалатын объектілерді тану жүйелеріндегі айтарлықтай жетістіктерге қарамастан, заманауи әдістер бірқатар шектеулерге тап болады. Негізгі мәселелердің бірі – әртүрлі жарықтандыру жағдайларында, көру бұрыштарында және күрделі көрініс сценарийлерінде жоғары дәлдікті

қамтамасыз ету, бұл қауіпсіздік пен бейнебақылау сияқты нақты қолдану салаларында ерекше өзекті. Сондай-ақ, мұндай жүйелерді шектеулі есептеу ресурстарымен жұмыс істеуге бейімдеу кемшіліктері бар, бұл олардың мобильді және кіріктірілген жүйелерде тиімділігін төмендетеді. Біздің зерттеулеріміз бұл мәселелерді терең оқыту тәсілдерін, атап айтқанда, әртүрлі базалық архитектуралары бар Faster R-CNN (ResNet-50, MobileNet V3 Large, EfficientNetB0) және өзіндік назар (Self-Attention) механизмін қолдану арқылы шешуге бағытталған. Бұл технологиялар күрделі жағдайларда да объектілерді анықтау мен тану жүйелерінің дәлдігі мен тұрақтылығын айтарлықтай жақсартуға мүмкіндік береді..

Әдістер мен материалдар

Бұл жұмыс бет-әлпетті танудың қолданыстағы әдістерін соңғы терең оқыту технологияларын, мысалы, бет-әлпет ендірімдерін пайдалану арқылы жетілдіруге және бір кадрда бірнеше бетті бір мезгілде тануға арналған көпағынды режимде қолдануға бағытталған. Бет-әлпет ендірімдері – адамның бетінің ерекше ерекшеліктерін сандық түрде сипаттайтын векторлық көрсетілімдер. Бет-әлпет ендірімесі – адамның бетінің ерекше ерекшеліктерін сандық түрде сипаттау үшін қолданылатын векторлық көрсетілім (1-сурет).

$$f\left(\text{Image of a man's face}\right) = \begin{pmatrix} 0.112 \\ 0.067 \\ 0.091 \\ 0.129 \\ 0.002 \\ 0.012 \\ 0.175 \\ \vdots \\ 0.023 \end{pmatrix}$$

Сур. 1. Бет векторының көрінісі

Ендірімдер бет-әлпетті ықшам және ақпаратты түрде сандар жиынтығы ретінде көрсетуге мүмкіндік береді, бұл машиналық оқыту және терең нейрондық желілер арқылы бет-әлпетті тану және сәйкестендіру міндеттерін едәуір жеңілдетеді. Бет-әлпетті сәйкестендіру міндеттерінде ендірімдер бет бейнесін талдау және салыстыруға ыңғайлы формаға түрлендіруде маңызды рөл атқарады. Бет ендірімесі – көпөлшемді кеңістіктегі (мысалы, 128 немесе 512 өлшемді) вектор, мұндағы әрбір элемент бет-әлпеттің ерекше ерекшеліктерін сандық түрде сипаттайды. Бұл ерекшеліктерге бет құрылымы, мысалы, көздер арасындағы қашықтық, мұрынның пішіні, еріннің өлшемі және әрбір бетке тән басқа да геометриялық параметрлер жатады. Сондай-ақ, терінің әжімдер, меңдер және тері тесігі сияқты текстуралық сипаттамалары да ескеріледі. Ендіріме бет-әлпеттің эмоциялардан тәуелсіз ерекшеліктерін сақтау негізгі міндеті бола отырып, кейде бет-әлпеттегі эмоция туралы ақпаратты ішінара қамтуы

мүмкін. Жүйе жарықтандыру мен бұрыштардың өзгеруіне төзімді болуы керек, ал ендіріме бұл міндетті беттегі тұрақты сипаттамаларға назар аударып, ұсақ өзгерістерді елемей арқылы орындайды.

Бет ендірімелері бет кескіндерінің үлкен деректер жинағы негізінде оқытылған нейрондық желілерді пайдалану арқылы жасалады. FaceNet сияқты желілер конволюциялық нейрондық желілер (CNN) құрылымдарын қолданып, кіріс бет кескінін ендірімеге түрлендіреді. FaceNet моделі Inception-ResNet V1 архитектурасын қолданып, VGGFace2 деректер жинағында алдын ала оқытылған бет координаттарын анықтауға арналған. Деректер алдын ала өңделіп, нормализация, 160x160 пиксельге дейін масштабтау және MTCNN арқылы беттерді бөлу кезеңдерінен өтті. Модельді оқыту үшін қолданылған негізгі гиперпараметрлер: оқу жылдамдығы – 0,001, Adam оптимизаторы және 32-ден 128 бейнеге дейінгі топ көлемі. Бұл процесс келесідей сипатталуы мүмкін: кіріс бет кескіні X алдымен желінің бірнеше конволюциялық қабатынан өтеді, бұл қабаты әртүрлі ерекшеліктерді бөліп алады. Бұл ерекшеліктер бет текстураларын, пішіндерін және басқа да элементтерін сипаттайтын ерекшеліктер карталарын құрайды (1):

$$F = CNN(X) \quad (1)$$

Содан кейін мүмкіндіктер қалыпқа келтіріліп, орташаланған тұрақты ұзындық векторы алынады, ол бет кірістіруіне айналады (2):

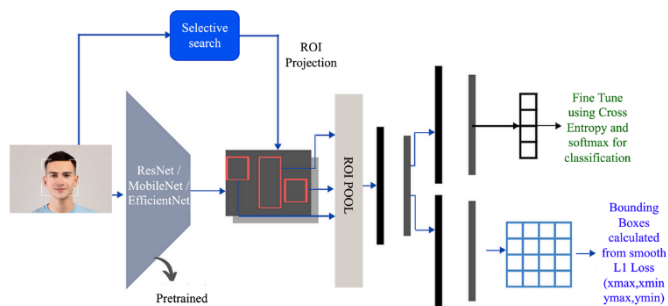
$$E = \text{Normalize}(FC(F)) \quad (2)$$

Қалыпқа келтіру модельді жарықтық, контраст және басқа кескін параметрлеріндегі өзгерістерге төзімдірек етуге көмектеседі. Бетті ендіру әртүрлі беттерді тиімді салыстыруға мүмкіндік береді. Бет-әлпетті тану жүйесі жаңа кескінді қабылдағанда, ол сол беттің ендіруін жасайды және оны дерекқорда бұрыннан бар беттердің кірістіруімен салыстырады. Енгізулер арасындағы қашықтық белгілі бір шектен төмен болса, беттер бірдей болып саналады. Салыстыру әдісі көбінесе екі кірістіру арасындағы евклидтік қашықтыққа негізделген (3):

$$D(E_1, E_2) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (E_1[i] - E_2[i])^2} \quad (3)$$

Енгізулер сәйкестендіру жүйелерінің дәлдігі мен сенімділігін айтарлықтай жақсартады, әсіресе бірнеше бетті бір уақытта тануды қажет ететін көп ағынды режимде. Енгізулер жарықтандыру және бастың орналасуы сияқты әртүрлі факторлардың әсерін азайтады және деректерді өндеудің жоғары жылдамдығын қамтамасыз етеді. Бұл ендірулерді Faster-RCNN сияқты терең оқыту үлгілерінде пайдалану тіпті күрделі сценарийлерде, мысалы, кадрда бірнеше беттер бір уақытта болған кезде де бетті тану дәлдігі мен жылдамдығын айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді. Бірегей сәйкестендіру

нөмірлері (ЖСН) — әрбір Қазақстан азаматына берілген нөмірлер жүйені оқыту үшін белгі ретінде пайдаланылды. Бұл сандар сәйкестендіру процесінде маңызды рөл атқарады, өйткені олар тұлғаны белгілі бір адамға бір мәнді түрде байланыстыруға мүмкіндік береді, бұл әсіресе автоматтандырылған жүйелерде маңызды. Бұл құжат бет-әлпетті тану үлгілерін құру және оқытудың әртүрлі тәсілдерін, соның ішінде ResNet және MobileNet көмегімен Faster-RCNN сияқты архитектураларды пайдалануды қарастырады. Ол олардың артықшылықтарын, кемшіліктерін және нақты әлем жағдайында қолдану мүмкіндігін бағалайды. Жаттығу кезінде модельдің дәлдігі мен жоғалуын талдауға ерекше назар аударылады, бұл олардың жалпы өнімділігі мен нақты тапсырмаларды шешуге жарамдылығы туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Атап айтқанда, кескіндерде тиімді нысанды анықтау және жіктеу үшін конволюционды нейрондық желі (CNN) әдістерін қызығушылық аймағы (ROI) алу алгоритмдерімен біріктіретін Faster R-CNN архитектурасы ұсынылған (2-сурет). Faster R-CNN бағдарламасының негізгі идеясы конвульсиялық желілердің мүмкіндіктерді шығару мүмкіндіктерін аймақтық генерациялау механизмімен біріктіру болып табылады, бұл оны компьютерлік көрудегі тапсырмаларды анықтаудың ең күшті құралдарының біріне айналдырады.



Сур. 2. Жылдамырақ R-CNN архитектурасы

Сипатталған сәулетте ұсынылған үш үлгінің бірін (ResNet-50 FPN, MobileNet V3 Large немесе Self-Attention механизмі бар EfficientNetB0) пайдаланып мүмкіндікті шығарғаннан кейін мүмкіндіктер аймақ ұсыныстарын бейімдейтін ROI Pooling модуліне беріледі. толық қосылған қабат үшін қажетті бекітілген өлшемге дейін. Содан кейін нысанды классификациялау кросс-энтропия функциясын және Softmax және Smooth L1 жоғалту функциясын пайдаланып шектейтін қорап регрессиясын пайдаланып орындалады. Бұл процесс нысанды тиімді классификациялауға және кескінде локализациялауға мүмкіндік береді. Faster R-CNN архитектурасында әртүрлі магистральдық үлгілерді пайдалану оны әртүрлі тапсырмаларға бейімдеуге мүмкіндік береді. ResNet-50 FPN қалдық блоктары және Feature Pyramid Network (FPN) архитектурасы бар терең желі ретінде күрделі көріністерде анықтау немесе

медициналық бейнелеу сияқты жоғары дәлдікті және әртүрлі масштабтағы нысандардың өңдеу мүмкіндігін талап ететін тапсырмалар үшін қолайлы. Мобильді құрылғылар мен нақты уақыттағы жүйелер сияқты жоғары жылдамдықты және ресурстарды аз тұтынуды қажет ететін қолданбалар үшін терең конверсиялар мен басқа архитектуралық жақсартуларға байланысты шектеулі есептеу ресурстары үшін оңтайландырылған MobileNet V3 Large таңдаулы таңдау болып табылады. EfficientNetB0, Self-Attention көмегімен дәлдік пен есептеу тиімділігін теңестіреді, бұл оны жоғары дәлдік пен контекстік ақпаратты қажет ететін тапсырмаларда пайдалы етеді. Әртүрлі магистральдар арасында таңдау мүмкіндігі Faster R-CNN-ге жоғары дәлдіктегі медициналық қолданбалардан жылдам, мобильді шешімдерге дейін кең ауқымды функцияларға бейімделуге мүмкіндік береді.

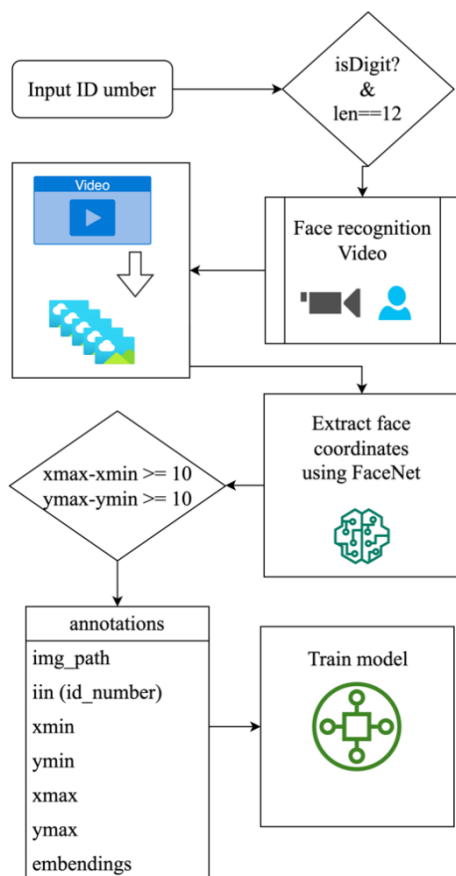
Нәтижесінде, модельдің соңғы нәтижесі күрделі нысандар мен көріністерді тануда оның дәлдігін айтарлықтай арттыра отырып, жергілікті ерекшеліктерді де, жаһандық қатынастарды да қарастырады. Осылайша, EfficientNet архитектурасына Self-Attention механизмін біріктіру кескіннен мүмкіндіктерді тиімді шығаруға және кескіннің әртүрлі бөліктері арасындағы контекстік қатынастарды қарастыруға қабілетті неғұрлым қуатты және жан-жақты модель жасайды. Бұл тәсіл жергілікті және ғаламдық ақпарат маңызды болып табылатын нысанды анықтау және тану тапсырмаларына пайдалы. Барлық үш үлгіні (Faster-RCNN ResNet50 FPN, MobileNetV3 Large және EfficientNetB0 бар ResNet50 FPN) жаттықтыру үшін келесі гиперпараметрлер пайдаланылды: үйрену жылдамдығы 0,005, импульсі 0,9 SGD оңтайландырғышы, партия өлшемі 4 және салмақтың төмендеуі 0,0005. Бұл параметрлер тұрақты конвергенцияны және нысанды анықтау тапсырмасында жоғары өнімділікті қамтамасыз етті.

Нәтижелер және оларды талқылау

Ұсынылған схема бет-әлпетті тану жүйесін әзірлеу процестерінің ретін көрсетеді, әсіресе жеке куәлікті тіркеуде. Ол сәйкестендіру нөмірін (ID) енгізуден басталып, жиналған деректер негізінде модельді оқытумен аяқталады (3-сурет). Бұл сипаттама әрбір кезеңнің егжей-тегжейлі шолуын, оның маңыздылығын, жүзеге асыру әдістерін және нақты әдістер мен алгоритмдерді таңдау себептерін береді.

Бет-әлпетті тіркеу процесі 12 таңбадан тұратын бірегей сандық жолды пайдаланушының сәйкестендіру нөмірін (ID) енгізуден басталады. Бұл нөмір пайдаланушының жеке ақпаратының кілті ретінде қызмет етеді және екі негізгі критерий бойынша тексеріледі: сандық түрі және ұзындығы. Идентификатор тексеруден өткеннен кейін жүйе келесі қадамға көшеді. Келесі қадам пайдаланушы бетінің бейнежазбасын жазуды қамтиды. Бейне шамамен 10 секундқа созылады, оның барысында жүйе 250-ден 300-ге дейінгі бет бейнесін түсіреді. Деректердің бұл көлемі әртүрлілікті қамтамасыз ету үшін қажет, бұл әрі қарай өңдеу және модельді оқыту үшін өте маңызды. Әртүрлі бұрыштардан және әртүрлі жарық жағдайларында түсірілген бет кескіндері неғұрлым әртүрлі

болса, тану және сәйкестендіру дәлдігі соғұрлым жоғары болады.



Сур. 3. Бет-әлпетті тану процестерінің реттілігі

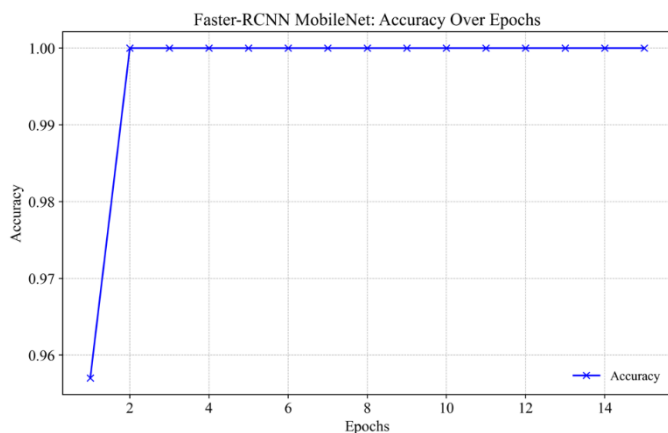
Бейне түсірілгеннен кейін әрбір кадрдан бет координаталарын алу үшін алдын ала дайындалған FaceNet үлгісі қолданылады. Бет-әлпетті тану тапсырмалары үшін арнайы әзірленген FaceNet төрт координаттың көмегімен кескіндегі бет шекарасын анықтайды: x_{min} , y_{min} , x_{max} және y_{max} . Бет өлшемі жеткіліксіздігімен байланысты қателерді болдырмау үшін жүйе x_{max} және x_{min} және y_{max} және y_{min} арасындағы айырмашылық кемінде 10 пиксель екенін тексереді. Бұл кескіндердің беттің де болатынын қамтамасыз етеді.

Жүйенің маңызды міндеттерінің бірі - FaceNet үлгісімен де орындалатын бет ендірулерді жасау. Енгізу - беттің бірегей ерекшеліктерін сандық түрде сипаттайтын көп өлшемді вектор. Бұл векторлық көріністер жүйеге беттерді жоғары дәлдікпен салыстыруға және жіктеуге мүмкіндік береді, жарықтандыру, бас бағдары немесе бет әлпеті сияқты түсіру жағдайларындағы өзгерістерге оның беріктігін арттырады. Бет координаттары мен ендірулерді шығарғаннан кейін деректер үлгіні оқыту процесінде қолданылатын аннотациялар ретінде сақталады. Аннотациялар кескін жолын, бірегей сәйкестендіру нөмірін (ID), бет шекарасының координаттарын және бет векторының көрінісін қамтиды. Бұл

деректер жаттығу кезінде әрбір ендірілген векторды белгілі бір сәйкестендіру нөмірімен байланыстыру және болашақта жаңа кескіндердегі адамдарды дәл тануы үшін модель үшін маңызды. Үлгіні оқытуды бастамас бұрын деректерді тазалау қажет. Бейне жазу кезінде бұлыңғыр немесе толық емес бет дисплейлері сияқты сапасыз фотосуреттер түсірілуі мүмкін. Мұндай кескіндер оқу процесіне теріс әсер етуі мүмкін, өйткені модель дұрыс емес мүмкіндіктерді тануды үйренуі мүмкін. Сондықтан, кейбір фотосуреттер деректер жинағынан жойылады, тек сапалы үлгіні оқытуға жарамды фотосуреттер қалады. Соңында, модельді оқыту процесі жиналған аннотацияларды пайдалана бастайды. Жаттығу кезінде модель тану қателерін азайту үшін мыңдаған итерациялар бойынша параметрлерін оңтайландырады. Деректер жиынындағы әрбір сурет модельге адамды дәл анықтау үшін қажетті негізгі мүмкіндіктерді жақсы түсінуге көмектеседі.

MobileNetV3 Large бап Faster-RCNN үлгісі шектеулі есептеу ресурстары бар орталарда пайдалану үшін нақты әзірленген, бұл оны мобильді және ендірілген жүйелер үшін өте қолайлы етеді. 4-суретте жаттығу кезінде бет-әлпет дифференциациясының дәлдігі көрсетілген. График тіпті ең аз дәуірлер санының өзінде модельдің жоғары классификация дәлдігіне тез қол жеткізетінін көрсетеді, бұл оның ResNet50 сияқты күрделі модельдермен салыстырғанда параметрлердің азайған санына және жеңілдетілген архитектурасына қарамастан беттерді тиімді тану қабілетін көрсетеді. Оңтайландырылған архитектурасының арқасында, терең ажыратылатын конвульсияларды пайдалана отырып, MobileNetV3 Large оқыту мен қорытынды жасауға қажетті параметрлер мен есептеулердің санын айтарлықтай азайтады. Сонымен қатар, бұл архитектура әртүрлі оңтайландыруларды қамтиды, мысалы, сызықтық емес және нейрондық архитектураны іздеу (NAS) әдістерін пайдалану, ең аз есептеу шығындарымен жоғары дәлдікке қол жеткізуге мүмкіндік береді. Faster-RCNN моделін MobileNetV3 Large көмегімен үйрету небәрі 40 минутты алды, мұны оның жеңіл архитектурасына жатқызуға болады. ResNet50-ге қарағанда аз параметрлерге және қарапайым құрылымға қарамастан, модель нысанды тануда жеткілікті жоғары өнімділікті көрсетеді. Бұл MobileNetV3 Large қолданбасын нақты мобильді қолданбалар немесе нақты уақыттағы бақылау жүйелері сияқты дәлдік пен өңдеу жылдамдығы арасындағы теңгерімді қажет ететін тапсырмалар үшін практикалық таңдау жасайды. Дегенмен, қысқартылған жаттығу уақыты мен есептеу жүктемесі объектінің ішінара окклюзиясы немесе дәстүрлі емес бұрыштарда пайда болуы сияқты күрделі жағдайларда дәлдік пен беріктіктің аздап төмендеуімен байланысты. Дегенмен, оңтайландыруларының арқасында MobileNetV3 Large уақыт пен ресурстар маңызды болып табылатын көптеген практикалық қолданбалар үшін қуатты құрал болып қала береді.

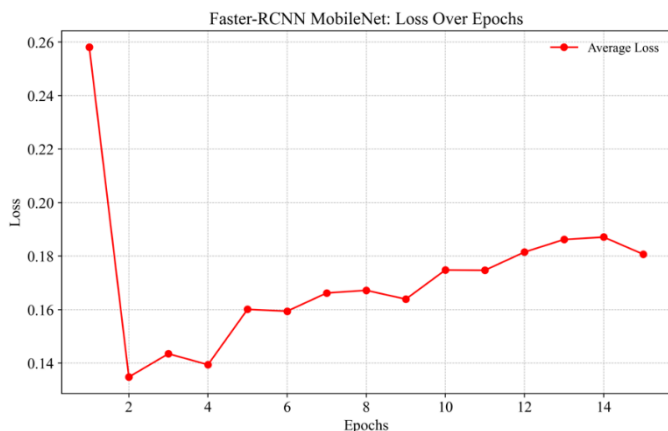
MobileNetV3 Large көмегімен Faster-RCNN үлгісін оқыту процесі де жоғары дәлдікті көрсетеді, дегенмен жоғалту динамикасы мен жаттығу процесі ResNet50 FPN үлгісінен біршама ерекшеленеді.



Сур. 4. MobileNetV3 Large көмегімен Faster-RCNN моделінің дәлдігі

Бірінші дәуірде орташа жоғалту 0,2581, дәлдігі 95,70 %-ға жетті. Бұл бастапқы жоғалту мәні мобильді және ендірілген жүйелер үшін оңтайландырылған MobileNetV3 жеңіл архитектурасына жатқызылуы мүмкін ResNet үлгісінен жоғары. Дегенмен, екінші дәуірде жоғалту 0,1348-ге дейін айтарлықтай төмендеді және дәлдік 100 % жетті, бұл модельдің жылдам конвергенциясын және шектеулі есептеу ресурстарымен де тиімді оқу мүмкіндігін көрсетеді. Кейінгі дәуірлерде жоғалтудың біршама ауытқуы байқалды, бұл модельдің неғұрлым күрделі деректерге сезімталдығын көрсетеді. Мысалы, үшінші дәуірде жоғалту 0,1435-ке дейін өсті, ал бесінші дәуірде дәлдік 100% сақталса да, 0,1601-ге дейін көтерілді. Бұл ауытқулар қалған дәуірлерде жалғасты, жоғалту алтыншы дәуірдегі 0,1594-тен он төртінші дәуірдегі 0,1871-ге дейін өзгерді. Осы ауытқуларға қарамастан, модель жоғары дәлдікті сақтап қалды, бұл оның жақсы жалпылау қабілетін және деректер өзгерістеріне беріктігін көрсетеді. Дегенмен, жоғалтудың мұндай құбылмалылығы қосымша талдауды және әлеуетті оңтайландыруды қажет ететін оқу деректер жинағындағы өзгерістерге ықтимал шамадан тыс орнатуды немесе жоғары сезімталдықты көрсетуі мүмкін. 3-суретте MobileNet желісін магистраль ретінде пайдаланып үйретілген Faster-RCNN үлгісінің дәлдік қисығы берілген. График модельдің дәлдігі жаттығу дәуірлерінің санына байланысты қалай өзгеретінін көрсетеді. Y осі дәлдікті, ал X осі дәуірлер санын білдіреді. Модель алғашқы екі дәуірден кейін шамамен 100 % дәлдікке қол жеткізе отырып, оқытудың бастапқы кезеңдерінде айтарлықтай жақсаруды көрсетеді. Одан кейінгі дәуірлер 100 % тұрақты дәлдікті көрсетеді, бұл модельдің тиімді үйренетінін және жаттығудың басында тұрақтанатынын көрсетеді. Бұл модельдің жылдам конвергенция жылдамдығын көрсетеді, бұл әсіресе шектеулі есептеу ресурстары бар мобильді және ендірілген құрылғыларда жаттығу кезінде маңызды. 5-суретте магистраль ретінде MobileNet бар бірдей Faster-RCNN моделінің жоғалу графигі көрсетілген. График жаттығу дәуірі ұлғайған сайын орташа шығынның қалай

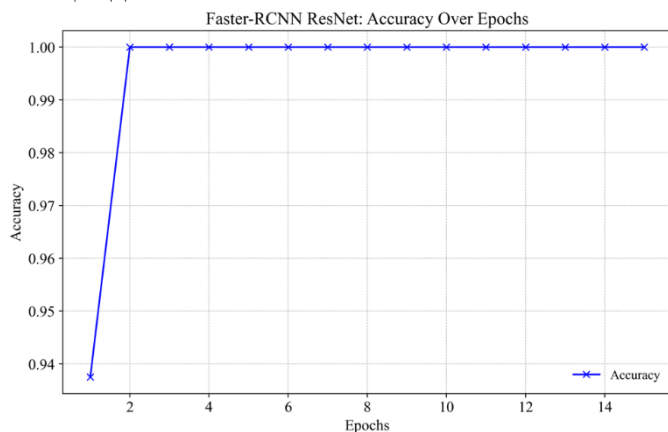
төмендейтінін көрсетеді. Жаттығудың басында жоғалту 0,26 шамасында болса, бірінші дәуірден кейін ол 0,14-ке дейін күрт төмендейді. Шығынның бірте-бірте өсуі келесі дәуірлерді сипаттайды; дегенмен, бұл өсу ең аз және шамалы ауытқулар шегіне түседі. Бұл жоғалту динамикасы модельдің тез үйренетінін және тұрақты деңгейге жететінін көрсетеді, дегенмен жоғалтудың шамалы артуы күрделірек деректерге біршама артық сәйкестікті немесе сезімталдықты көрсетуі мүмкін.



Сур. 5. Әлеуметтік процестерге әртүрлі факторлардың әсері

Магистраль ретінде ResNet50 FPN пайдаланатын Faster-RCNN моделі күрделі және терең архитектурасына жатқызылған нысанды танудағы жоғары дәлдікпен тұрақтылықты көрсетті. ResNet50, 50 қабаты бар терең конволюциялық нейрондық желі, қарқынды желілерді оқыту кезінде жоғалып кететін градиент мәселесін болдырмауға көмектесетін қалдық блоктарды пайдаланады. Бұл модельге күрделі кескін нысандарымен жұмыс істегенде де жоғары дәлдікті сақтай отырып, үлкен деректер жиынынан тиімді үйренуге мүмкіндік береді. Мүмкіндік пирамидасы желісін (FPN) ResNet-пен біріктіру модельге әртүрлі масштабтағы мүмкіндіктерді шығаруға мүмкіндік беретін күрделіліктің тағы бір деңгейін қосады. Бұл кескінде әртүрлі өлшемдерде және перспективаларда пайда болуы мүмкін нысандарды анықтау дәлдігін жақсартады. Алайда мұндай күрделі құрылым айтарлықтай есептеу ресурстарын қажет етеді. Faster-RCNN үлгісін ResNet50 FPN көмегімен оқыту 183 минутқа созылды, мұны әрбір желі деңгейінде көптеген параметрлерді есептеу және көп деңгейлі мүмкіндіктерді өңдеу қажеттілігімен байланыстыруға болады (6-сурет). Ұзақ жаттығу уақытына қарамастан, модель жоғары дәлдікті, тұрақтылықты және жалпылау мүмкіндігін көрсетеді, бұл оны жоғары сенімділік пен дәлдікті қажет ететін тапсырмалар үшін таңдаулы таңдау жасайды. Бұл әсіресе егжей-тегжейлі талдауды және қуатты мүмкіндіктерді шығару мүмкіндіктерін қажет ететін ішінара жасырылған нысандар немесе күрделі перспективалар сияқты күрделі жағдайларды ескеру қажет қауіпсіздік жүйелері мен медициналық кескінді

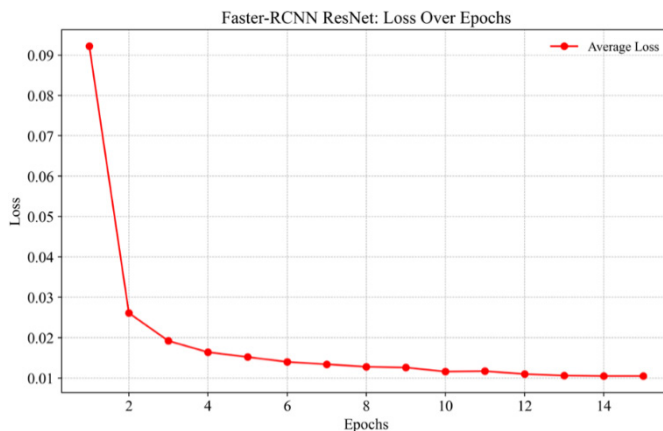
талдау үшін өте маңызды.



Сур. 6. Әлеуметтік процестерге әртүрлі факторлардың әсері

ResNet50 FPN көмегімен Faster R-CNN үлгісін оқыту процесі барлық 15 дәуірде тұрақты жоғары өнімділікті көрсетті. Бірінші дәуірде орташа жоғалту 0,0922 болды, дәлдік 93,75 % жетті, бұл модельдің объектіні танудағы жоғары бастапқы мүмкіндігін көрсетеді. Әрбір келесі дәуірде жоғалтудың айтарлықтай азаюы болды: екінші дәуірде жоғалту 0,0261-ге дейін азайып, дәлдік 100% жетті. Бұл жоғалтудың күрт төмендеуі және жоғары дәлдік модельде жылдам үйренуді және салмақты тиімді реттеуді ұсынады. Одан әрі оқыту орташа жоғалтудың үздіксіз төмендеуімен сипатталды, дәлдік қалған дәуірлерде тұрақты жоғары — 100 % сақталды. Мысалы, үшінші дәуірде шығын 0,0192-ге дейін төмендеді; бесіншіден, ол 0,0152-ге дейін төмендеді. Он бесінші дәуірде 0,0105 минимумға жететін жоғалтудың бірте-бірте төмендеуі модельдің деректерді тиімді жалпылайтынын және тану қателерін барынша азайтатынын көрсетеді. Бір қызығы, жоғары дәлдікке қол жеткізгеннен кейін де жаттығу процесі жалғасып, модель деректерге бейімделуді жалғастырды, мұны оқытудың кейінгі кезеңдерінде жоғалтудың шамалы жақсаруы дәлелдейді. Бұл нысанды анықтау тапсырмаларында ResNet50 FPN үлгісінің жоғары тұрақтылығы мен сенімділігін көрсетеді. 5-суретте Faster-RCNN үлгісі үшін дәлдіктің ұқсас графигі берілген, бұл жолы ResNet-ті магистраль ретінде пайдаланады. MobileNet сияқты, модель ерте оқыту дәуірлерінде дәлдіктің жылдам өсуін көрсетеді. Бірінші дәуірден кейін дәлдік 99%-ға дейін көтеріліп, кейінгі дәуірлерде 100%-ға жуық деңгейге жетті және сақталды. Бұл нысанды анықтау тапсырмаларындағы ResNet-тің жоғары тиімділігін және оның жіктеу тапсырмаларына жылдам бейімделу қабілетін көрсетеді. Тұрақты дәлдік әрекеті сонымен қатар модельдің кіріс деректеріндегі әртүрлі вариацияларды тиімді өңдей алатындығын көрсетеді. 7-суретте магистраль ретінде ResNet бар Fast-er-RCNN моделінің жоғалу графигі көрсетілген. Жаттығудың басында жоғалту 0,09 шамасында болады, бұл MobileNet моделі үшін бастапқы жоғалтудан төмен. Бұл мүмкіндіктерді шығару және өндеуде жақсырақ ResNet архитектурасына

байланысты болуы мүмкін. Дәуір саны азайған сайын жоғалту жылдам азаяды және үшінші дәуірден кейін 0,01 шамасында тұрақтанады. MobileNet үлгісінен айырмашылығы, жоғалтудың кейінгі өсуі байқалмайды, бұл жалпы жалпылау қабілетінің жақсырақ болуын және артық орнату ықтималдығының төмендігін көрсетуі мүмкін.

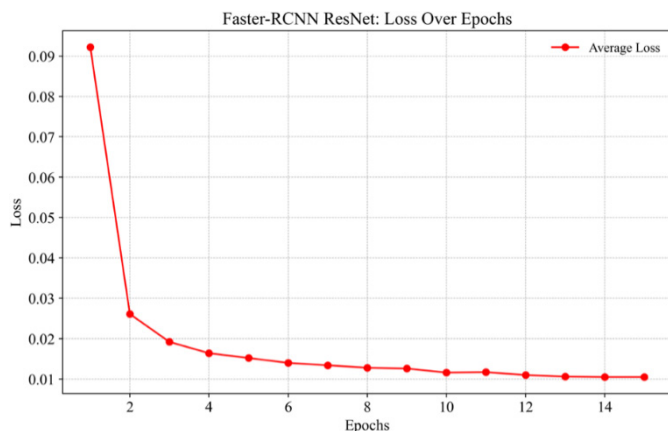


Сур. 7. Әлеуметтік процестерге әртүрлі факторлардың әсері

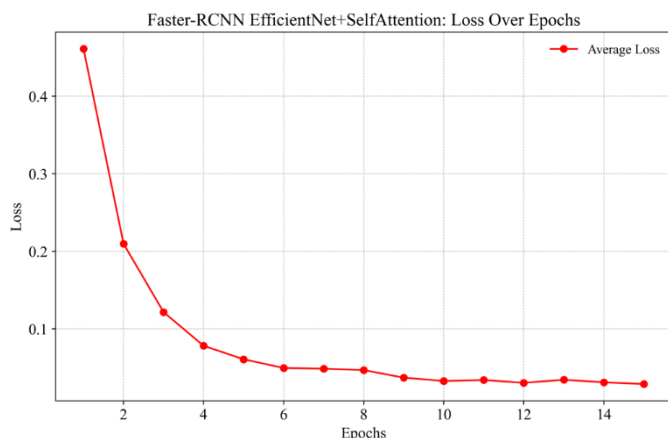
EfficientNetB0 көмегімен Self-Attention механизмімен үйлесетін Faster R-CNN моделінің оқыту процесі әртүрлі оқыту дәуірлеріндегі дәлдік пен жоғалту графиктері арқылы көрсетілгендей жоғары тиімділік пен жылдам конвергенцияны көрсетеді. 8-суретте дәуірлер санының өсуіне қарай модельдің дәлдік динамикасы көрсетілген. Бірінші дәуірде дәлдік 30,34 % құрайтынын байқауға болады, бұл салыстырмалы түрде төмен көрсеткіш. Дегенмен, модель оқу процесін енді ғана бастап, деректерге бейімделуде. Әрбір келесі дәуірде дәлдіктің айтарлықтай өсуі байқалады, секундына 97,30 % жетеді, бұл модель архитектурасының тиімділігін және оның тез үйрену қабілетін көрсетеді. Ең бастысы - үшінші дәуірге дейін 100 % максималды дәлдікке жету, ол қалған барлық дәуірлерде сақталады. Бұл модельдің сәтті үйренгенін және деректердегі ықтимал өзгерістерге қарамастан нысандарды жоғары дәлдікпен дәйекті түрде тани алатынын көрсетеді.

9-суретте оқытудың 15 дәуіріндегі орташа шығынның өзгеруі көрсетілген. Бірінші дәуірде орташа жоғалту 0,4611 құрайды, бұл оқытудың бастапқы кезеңін ескере отырып күтілетін нәтиже. Әрбір келесі дәуірде жоғалту айтарлықтай төмендейді: екінші дәуірде орташа жоғалту 0,2097-ге дейін төмендейді, бұл модельдің сәтті оқытылуын және тану қателерінің азайғанын көрсетеді. Үшінші дәуірде жоғалту 0,1216 дейін төмендейді, бұл модель 100 % дәлдікке жеткен сәтке сәйкес келеді. Бұл модельдің тиімді оқып жатқанын және қателер азайтылатын деңгейде тұрақтанатынын көрсетеді. Төртінші дәуірден бастап жоғалту бірте-бірте азаяды, 15-ші дәуірде шамамен 0,0289 минимумға жетеді. Бұл модельдің баяу болса да жақсара беретінін көрсетеді. Бұл модель жоғары дәлдікке қол жеткізген кезде және тек қалған қателерді азайтуды қажет ететін

оқытудың соңғы кезеңдеріне тән.



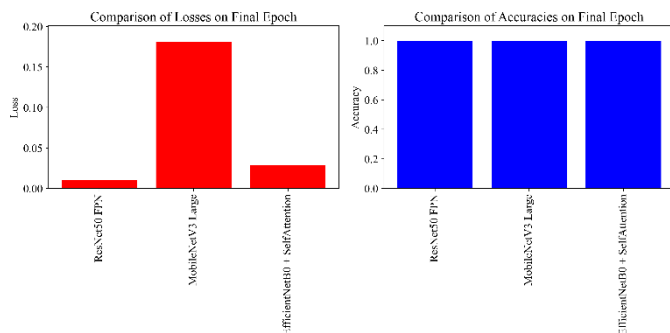
Сур. 8. Модель дәлдігі динамикасы



Сур. 9. Жоғалту динамикасының графигі

Әр дәуірдің жаттығу уақыты да ерекше. Бірінші дәуірде модель шамамен 28 минут жаттығады, бұл сәулеттің бұл түрі үшін орташа уақыт. Келесі дәуірлерде жаттығу уақыты сәйкесінше 45 және 52 минутқа дейін айтарлықтай өсетін 13 және 14-ші дәуірлерді қоспағанда, жаттығу уақыты шамамен өзгеріссіз қалады. 13-ші және 14-ші дәуірлердегі жаттығу уақытының ұлғаюы, мүмкіндіктер арасындағы жаһандық тәуелділікті өңдеу үшін көбірек ресурстарды қажет ететін Өзіне-өзі назар аудару механизмінің есептеу күрделілігінің артуына байланысты. Өзіндік зейін оқытудың кейінгі кезеңдерінде көрінетін квадраттық есептеу күрделілігін қосады. Оңтайландыру үшін соңғы дәуірлердегі деректер ажыратымдылығын азайтуды немесе өзін-өзі бақылаудың тиімдірек нұсқаларын пайдалануды қарастыруға болады. Уақыттың бұл өсуі шығынды азайтудың күрделілігіне және модельдің деректердегі күрделі жағдайларға мұқият бейімделу қажеттілігіне байланысты болуы мүмкін. Соған қарамастан, оқу уақытының ұлғаюына қарамастан, модель жоғары дәлдікті сақтайды және

шығындарды азайтады, бұл оның беріктігін және күрделі деректерді тиімді өңдеу мүмкіндігін растайды. Осылайша, EfficientNetB0 және Self-Attention механизмін пайдаланатын Faster R-CNN үлгісі нысанды анықтау тапсырмаларында тамаша нәтижелерді көрсетеді. Жылдам конвергенция, жоғары дәлдік және бүкіл оқу процесінде жоғалтудың тұрақты төмендеуі таңдалған архитектураның тиімді және жоғары дәлдік пен сенімді тануды қажет ететін нақты әлем қолданбалары үшін жарамды екенін көрсетеді. Өзіне-өзі назар аудару механизмінің қосымша үлесі модельге жаһандық контексттерді жақсырақ түсіруге және маңызды кескін мүмкіндіктеріне назар аударуға мүмкіндік береді, жалпы өнімділікті жақсартады және оны қиын тану жағдайларында әсіресе пайдалы етеді. 10-сурет үш үлгіні салыстырады: жылдамырақ R-CNN ResNet50 FPN, MobileNetV3 Large және EfficientNetB0, Self-Attention магистральдары. Бірінші график (сол жақта) соңғы 15-ші дәуірдегі орташа жоғалту мәндерін көрсетеді, ал екіншісі (оң жақта) сол дәуірдегі дәлдікті көрсетеді. Нәтижелерді талдай отырып, әрбір модельдің күшті және әлсіз жақтары бар екенін көруге болады. ResNet50 FPN магистральді Faster R-CNN моделі ең аз шығынды көрсетті, бар болғаны 0,0102. Бұл оның терең архитектурасы мен күрделі қалдық блоктарының арқасында ResNet50 FPN жаттығу кезінде қателерді тиімді түрде азайта алатынын көрсетеді. Мұндай нәтиже модельдің жоғары тұрақтылығын және оның жалпылау қабілетін көрсетеді, бұл әсіресе максималды дәлдік пен сенімділікті талап ететін тапсырмалар үшін маңызды.



Сур. 10. Үш модельді салыстырмалы талдау

Self-Attention механизмі бар EfficientNetB0 моделі 0,0289 орташа жоғалту мәндерін көрсетті, бұл оның жоғары тиімділігін көрсетеді. Бұл модельді іске қосу үшін қажетті төмен есептеу шығындарын ескере отырып, бұл нәтиже әсерлі. MobileNetV3 Large сәулет ерекшеліктеріне байланысты соңғы дәуірдегі ең жоғары шығынды көрсетті (0,1807). MobileNetV3 Large жоғары жылдамдықты және модель параметрлерінің аз санын қажет ететін шектеулі есептеу ресурстары бар құрылғыларда жұмыс істеуге арналған. Бұл модельдің күрделі деректерге тиімді жаттықтыру мүмкіндігін азайтады. Шығындар графигінен көріп отырғаныңыздай, модель оқытудың бастапқы кезеңдерінде перспективалы нәтижелер көрсетті, бірақ соңғы дәуірлерде жоғалту өзгерді,

бұл модельдің шамадан тыс сәйкестігін көрсетуі мүмкін. Бұл құбылыс модель жаттығу деректерін тым дәл есте сақтаған кезде, бірақ оны жаңа деректерге жалпылай алмаған кезде орын алады. Бұл оның жылдамдығына және төмен есептеу жүктемесіне қарамастан, бұл модель қателерге төзімділігі төмен және жалпылау қабілеті төмендейтінін көрсетеді. Дәлдікке келетін болсақ, барлық үш модель соңғы дәуірде 100% қол жеткізді. Бұл әрбір үлгінің жоғары тану дәлдігін қамтамасыз ететін нысанды анықтау тапсырмаларын сәтті орындай алатынын көрсетеді. Дегенмен, бірдей дәлдікке қарамастан, жоғалту деңгейлеріндегі айырмашылықтар жоғалтулары аз үлгілер үшін ықтимал артықшылықтарды көрсетеді. ResNet50 FPN және EfficientNetB0 модельдері MobileNetV3 Large қарағанда жақсырақ жалпылау мүмкіндігіне ие болуы мүмкін, бұл жоғары сенімділікті қажет ететін тапсырмаларда өте маңызды болуы мүмкін. Тұтастай алғанда, үлгіні таңдау нақты тапсырма талаптарына және қол жетімді есептеу ресурстарына байланысты болуы керек. Егер жоғары дәлдік пен тұрақтылық басымдық болса, ResNet50 FPN таңдаулы таңдау болады. Дегенмен, жылдамдық пен ресурстарды аз тұтыну маңыздырақ болса, жоғалту мәндерінің ықтимал ауытқуларына қарамастан MobileNetV3 Large немесе Self-Attention бар EfficientNetB0 қолайлырақ опциялар болуы мүмкін.

Әртүрлі магистральдары бар Faster R-CNN архитектурасын қолданатын үш объектіні анықтау моделін оқыту нәтижелерін зерттеу және талдау барысында әрбір модельдің артықшылықтары мен кемшіліктері туралы қорытынды жасауға мүмкіндік беретін маңызды деректер алынды. Негізгі назарда негізгі рөл атқаратын ResNet50 FPN, MobileNetV3 Large және EfficientNetB0 бар Faster R-CNN үлгілері болды. Бұл модельдердің әртүрлі архитектурасы бар және есептеу ресурстары мен дәлдікке қойылатын әртүрлі талаптарды қанағаттандыруға арналған. ResNet50 FPN магистральді Faster R-CNN моделі жаттығу кезінде дәлдік пен тұрақтылықта тамаша нәтиже көрсетті. Қалдық блоктарды қамтитын терең ResNet50 архитектурасы жоғалып бара жатқан градиент мәселесін тиімді шешіп, көптеген қабаттармен тұрақты жаттығуларды қамтамасыз етті. Функционалдық пирамида желісін (FPN) біріктіру модельдің мүмкіндіктер иерархиясының әртүрлі деңгейлеріндегі нысандарды анықтау мүмкіндігін жақсартты, бұл оны әртүрлі масштабтағы және күрделі көріністердегі нысандарды анықтау үшін әсіресе пайдалы етеді. Жаттығу кезінде модель үшінші дәуірде 100% дәлдікке қол жеткізді, бұл оның жоғары тиімділігін көрсетеді. Бірінші дәуірдегі жоғалту 0,0922 болды, ал он бесінші дәуірде ол 0,0102-ге дейін төмендеді, бұл тұрақты жаттығулар мен қателерді азайтуды көрсетеді. Дегенмен, модельді оқытуға қажетті уақыттың айтарлықтай мөлшері архитектураның күрделілігіне және параметрлердің көптігіне байланысты болды. Орташа алғанда, бір дәуірдегі жаттығу шамамен 12-13 минутты алады, жалпы жаттығу уақыты 183 минутты құрады. Екінші жағынан, MobileNetV3 Large негізі бар Faster R-CNN моделі жылдам оқытуды және ресурс тиімділігін талап ететін тапсырмаларға арналған. ResNet50 FPN-

ден айырмашылығы, MobileNetV3 Large жеткілікті дәлдікті сақтай отырып, параметрлер мен есептеулер санын айтарлықтай азайта отырып, тереңдікте бөлінетін конвульсияларды пайдаланады. Модель жоғары дәлдікке тез қол жеткізді, екінші дәуірде 100 % жетті. Дегенмен, жоғары дәлдікке қол жеткізуге қарамастан, жаттығу кезінде жоғалту ауытқулары байқалды, бұл әртүрлі деректерге төзімділіктің төмендігін көрсетуі мүмкін. Бірінші дәуірдегі шығын 0,2581 болды. Екінші дәуірде ол 0,1348-ге дейін төмендегенімен, кейінгі дәуірлерде 0,1435-тен 0,1862-ге дейінгі ауытқулар байқалды, бұл модельдің деректерге сезімталдығын көрсетеді. Сонымен бірге модель барлық дәуірлерде жоғары дәлдікті сақтап қалды. Бұл модельдің негізгі артықшылықтарының бірі оның төмен ресурстарды тұтынуы және жылдам жаттығу жылдамдығы болып табылады: бір дәуірді оқыту шамамен 2–3 минутты алды, ал бүкіл жаттығу процесі небәрі 40 минутқа созылды.

EfficientNetB0 магистральдық және Self-Attention механизмі бар Faster R-CNN моделі тиімділік пен дәлдікті біріктіретін гибриді шешімді білдіреді. EfficientNetB0 желінің тереңдігі, ені және ажыратымдылығы арасындағы оңтайлы теңгерімге қол жеткізу үшін жасалған, бұл төмен есептеу шығындарымен жоғары дәлдікке мүмкіндік береді. Өзіне-өзі назар аудару механизмін қосу модельдің кескіннің әртүрлі бөліктері арасындағы жаһандық қатынастарды есепке алу мүмкіндігін арттырып, маңызды мүмкіндіктерге жақсырақ назар аударуға мүмкіндік береді. Модель оқу барысында айтарлықтай жақсарғанын көрсетті, екінші дәуірде 97,30 % және үшінші дәуірде 100 % дәлдікке жетті, бұл оқу барысында тұрақты болып қалды. Бірінші дәуірдегі орташа жоғалту салыстырмалы түрде жоғары 0,4611 болды, бірақ тез төмендеп, он бесінші дәуірде 0,0289-ға жетті. Бір дәуірдегі орташа жаттығу уақыты шамамен 28 минутты құрады, бірақ 13 және 14-ші дәуірлерде ол тиісінше 45 және 52 минутқа дейін айтарлықтай өсті. Уақыттың бұл ұлғаюы шығынды азайтудың күрделілігінің жоғарылауымен және модельдің деректердегі күрделі жағдайларға мұқият бейімделу қажеттілігімен байланысты болуы мүмкін.

Осылайша, EfficientNetB0 магистральдық және Self-Attention механизмі бар Faster R-CNN моделі дәлдік пен тиімділікті теңестіреді. Ол орташа есептеу шығындары бар жоғары тану дәлдігін талап ететін тапсырмалар үшін қолайлы. Кейінгі кезеңдерде жаттығу уақытының кейбір ауытқуларына қарамастан, бұл модель көптеген қолданбалар үшін сенімді және тұрақты нұсқа болып қала береді. Талдау негізінде әр модельдің артықшылықтары мен кемшіліктеріне қатысты бірнеше қорытынды жасауға болады. ResNet50 FPN – максималды дәлдік пен тұрақтылықты қажет ететін тапсырмалар үшін тамаша таңдау. Ол ең аз шығындарды көрсетеді және жоғары дәлдікке тез жетеді, бірақ айтарлықтай есептеу ресурстары мен жаттығу уақытын қажет етеді. MobileNetV3 Large жылдам оқытуды және төмен есептеу шығындарын ұсынады, бұл оны мобильді және ендірілген жүйелер үшін өте қолайлы етеді. Дегенмен, оның деректерге сезімталдығы және жоғалту ауытқулары оны максималды тұрақтылықты қажет

ететін тапсырмаларда пайдалануды шектеуі мүмкін. EfficientNetB0, Self-Attention бағдарламасы жоғары дәлдікті орташа есеппен шығындарымен үйлестіре отырып, теңдестірілген тәсілді ұсынады. Бұл модель жоғары өнімділік пен сенімді тануды қажет ететін функциялар үшін ұсынылуы мүмкін. Нақты тапсырма талаптары мен қолжетімді ресурстарға байланысты үлгіні таңдау әртүрлі болуы мүмкін. Егер басымдық максималды дәлдік пен тұрақтылық болса, ResNet50 FPN ең жақсы таңдау болар еді. Жылдамдық пен ресурс тиімділігі маңыздырақ болса, MobileNetV3 Large немесе EfficientNetB0 өзіне-өзі назар аударатын опциялар қолайлырақ болуы мүмкін. Нысанды анықтау тапсырмаларында оңтайлы нәтижелерге қол жеткізу үшін әрбір жағдайда дәлдік, жылдамдық және есеппен шығындары арасындағы теңгерімді ескеру маңызды.

Қорытынды

Бұл зерттеудің негізгі нәтижелерін келесідей қорытындылауға болады:

- Түрлі хост архитектураларын (ResNet-50, MobileNet V3 Large, EfficientNetB0, өзіне назар аудару механизмі бар) пайдалана отырып, Faster R-CNN архитектурасына негізделген нақты уақыттағы қозғалатын нысанды анықтау моделі ұсынылады.

- Эксперименттік нәтижелер MobileNet V3 Large бар Faster R-CNN үлгісі екінші дәуірде жылдам үйренуді көрсете отырып, 95,70 % дәлдікке қол жеткізгенін көрсетті.

- ResNet50-ді мүмкіндіктер пирамидасы желісімен (FPN) пайдалану жоғары тұрақтылық пен дәлдікті қамтамасыз етті (үшінші дәуірде 100 %-ға дейін), 15-дәуірге қарай орташа жоғалтуды 0,0102-ге дейін төмендетеді.

- Өзіне көңіл бөлу механизмі бар EfficientNetB0 моделі жоғары дәлдік пен тиімділік арасындағы тепе-теңдікті көрсетті, үшінші дәуірде 100 % дәлдікке қол жеткізді және 15-дәуірге қарай орташа жоғалтуды 0,0289 дейін төмендетті.

- Негізгі архитектураны таңдау тапсырма талаптарына байланысты: ResNet50 FPN жоғары дәлдік пен тұрақтылықты қажет ететін тапсырмалар үшін қолайлы; MobileNet V3 Large шектеулі есеппен ресурстары бар функциялар үшін қолайлы; және EfficientNetB0 - өзіне көңіл бөлу - дәлдік пен ресурс шығындары арасындағы оңтайлы ымыра.

Болашақ зерттеулер күрделірек және динамикалық бейне тізбектерімен жұмыс істеу үшін ұсынылған тәсілді оңтайландыруға, сондай-ақ есеппен шығындарын азайту және өңдеу жылдамдығын арттыру үшін деректерді өңдеуді жақсартуға бағытталуы мүмкін. Талдау және жоспарлау үшін әмбебап құралға айналдырады.

ӘДЕБИЕТТЕР

Л. Абдыкерімова және т.б. авторлар (2024). “Мәтіннің эмоционалды бояуын талдау: Машиналық және терең оқыту әдістері”. — *International Journal of Electrical & Computer Engineering*. — 14-том. — 3-нөмір. 2024. doi: 10.11591/ijec.v14i3.pp3055-3063.

Ф. Бутрос, В. Струк, Дж. Фьеррес және Н. Дамер (2023). “Бет-әлпетті тануға арналған синтетикалық деректер: Қазіргі жағдай және болашағы”. — *Image and Vision Computing*. — 135-том. — 104688 66. 2023.



doi: 0.1016/j.imavis.2023.104688.

Р.А. Васлен (2023). «Бет-әлпетті тану технологиясы дәуіріндегі тануға деген күрес», *AI and Ethics*, 3-том, 1-нөмір, 215–222 бб. 2023. doi: 10.1007/s43681-022-00146-8.

П.Б. Джха, А. Баснет, Б. Покрел, Г.К. Тхакур және С. Чхетри, «Бет-әлпетті анықтау және тану технологиясын қолданатын автоматтандырылған қатысу жүйесі», *Apex Journal of Business and Management*. — 1-том. — 1-нөмір. — 103–120 бб., 2023.

Т.В. Данг (2023). «Жетілдірілген бет-әлпетті тануға негізделген ақылды қатысу жүйесі». — *Journal of Robotics and Control (JRC)*. — 4-том. — 1-нөмір. — 46–53 бб. 2023. doi: 10.18196/jrc.v4i1.16808.

Х.О. Икромович және Б.Б. Маматкулович (2023). «Терең CNN-де трансферлік оқытуды қолдана отырып бет-әлпетті тану». — *Open Access Repository*. — 4-том. — 3-нөмір. — 502–507 бб. 2023. doi: 10.17605/OSF.IO/NRMK2.

Д.В. Кумар және Р.М. Шафи (2023). «Нақты уақытта бет-әлпетті анықтауға арналған материалдарды талдау және ерекшеліктерді жылдам таңдау әдісі: Модификацияланған аймақтық оңтайландырылған конволюциялық нейрондық желі». — *Materials Today: Proceedings*. — 81-том. — 563–569 бб. 2023. doi: 10.1016/j.matpr.2021.04.011.

Д.Дж. Каррагер және П.Дж. Хэнкок (2023). «Сот бет сәйкестігі тапсырмаларында шешім қабылдауға арналған автоматтандырылған бет-әлпетті тану жүйелерін модельдеу». — *Journal of Experimental Psychology: General*. — 152-том. — 5-нөмір. — 1286 бб. 2023, doi: 10.1037/xge0001310.

П. Мельчи және т.б. авторлар (2023). “Көптеген бет-әлпет ендірімдеріндегі жеке деректерді қорғауды жақсарту”. — *Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision*. — 323–331 бб., 2023.

С. Минаи, А. Абдолрашиди, Х. Су, М. Беннамун және Д. Чжан (2023). “Терең оқытуды қолдана отырып биометриялық тану: Шолу”. *Artificial Intelligence Review*. — 56-том. — 8-нөмір. — 8647–8695 бб. 2023, doi: 10.1007/s10462-022-10237-x.

Д. Мамиева, А.Б. Абдусаломов, М. Мухиддинов және Т.К. Хвангбо (2023). «Терең оқыту әдісі негізінде қиын бейнелердегі кішкентай беттерді тану әдісін жақсарту», *Sensors*. — 23-том. — 1-нөмір. — 502–6. 2023, doi: 10.3390/s23010502.

А. Подорожняк, Н. Любченко, М. Соболев және Д. Онищенко (2023). «Автокөлік нөмірлерін автоматты тануға арналған Mask R-CNN қолдану». *Advanced Information Systems*. — 7-том. — 1-нөмір. — 54–58 бб. 2023, doi: 10.20998/2522-9052-2023.1.09.

В.М. Опанасенко, С.К. Фазилов, О.Н. Мирзаев және С. Са’дулло угли Какхаров (2024). «Кіруді басқару жүйелерінде бет-әлпетті тануға арналған ансамбльдік тәсіл». — *Journal of Mobile Multimedia*. — 749–768 бб. 2024, doi: 10.13052/jmm1550-4646.20310.

В.М. Опанасенко, С.К. Фазилов, С.С. Раджабов және С.С. Какхаров (2024). «Көп деңгейлі бет-әлпетті тану жүйесі». *Cybernetics and Systems Analysis*. — 60-том. — 1-нөмір. — 146–151 бб. 2024, doi: 10.1007/s10559-024-00655-w.

В.П. Лысечко, Б.И. Садовников, О.М. Комар және О.С. Жученко (2024). «Көрнекі кескіндерді тану және жіктеудің соңғы тәсілдерін зерттеу». *Radio Electronics, Computer Science, Control*. — 1-нөмір. — 140–6. 2024, doi: 10.15588/1607-3274-2024-1-13.

Дж. Ч.Л. Чай, Т.С. Нг, Ч.У. Лоу, Дж. Парк және А.Б. Дж. Тиох (2023). «Өте төмен ажыратымдылықтағы бет-әлпетті тану және сапасын бағалауға арналған ендірімдерді жақсарту». *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. — 9957–9967 бб. 2023.

Н. Узаккызы және т.б. авторлар (2023). “Терең оқыту әдістері арқылы кескіндегі шуды азайту”. — *International Journal of Electrical & Computer Engineering*. — 13-том. — 6-нөмір. — 6855–6861 бб. 2023, doi: 10.11591/ijece.v13i6.pp6855-6861.

С. Хангараги, Т. Сингх және Н. Нилима (2023). «Бет торы мен терең нейрондық желі арқылы бет-әлпетті анықтау және тану», *Procedia Computer Science*. — 218-том. — 741–749 бб. 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.01.054.

REFERENCES

L. Abdykerimova et al. (2024). “Analysis of the emotional coloring of text using machine and deep learning methods,” *International Journal of Electrical & Computer Engineering*. — Vol. 14. — No. 3. 2024, doi: 10.11591/ijece.v14i3.pp3055-3063. (in Eng.)

F. Boutros, V. Struc, J. Fierrez, and N. Damer (2023). “Synthetic data for face recognition: Current state and future prospects”. — *Image and Vision Computing*. — Vol. 135. — P. 104688. 2023, doi: 0.1016/j.imavis.2023.104688. (in English)

D.J. Carragher and P.J. Hancock (2023) “Simulated automated facial recognition systems as decision-aids in forensic face matching tasks,” *Journal of Experimental Psychology: General*. — Vol. 152. — No. 5. — P. 1286. 2023, doi: 10.1037/xge0001310. (in Eng.)

J.C.L. Chai, T.S. Ng, C.Y. Low, J. Park, and A.B.J. Teoh (2023). “Recognizability embedding enhancement for very low-resolution face recognition and quality estimation,” in *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. — Pp. 9957–9967. 2023. (in Eng.)

T. V. Dang, “Smart attendance system based on improved facial recognition,” *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 4, no. 1, pp. 46–53, 2023, doi: 10.18196/jrc.v4i1.16808. (in Eng.)

H.O. Ikromovich and B.B. Mamatkulovich (2023). “Facial recognition using transfer learning in the deep CNN,” *Open Access Repository*. — Vol. 4. — No. 3. — Pp. 502–507. 2023, doi: 10.17605/OSF.IO/NRMK2. (in Eng.)



- S. Hangaragi, T. Singh, and N. Neelima (2023). "Face detection and recognition using face mesh and deep neural network". — *Procedia Computer Science*. — Vol. 218. — Pp. 741-749. 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.01.054. (in Eng.)
- D.V. Kumar and R.M. Shafi (2023). "Analysis and fast feature selection technique for real-time face detection materials using modified region optimized convolutional neural network". — *Materials Today: Proceedings*. — Vol. 81. — Pp. 563–569. 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2021.04.011. (in Eng.)
- V.P. Lysechko, B.I. Sadovnykov, O.M. Komar and O.S. Zhuchenko (2024). "A research of the latest approaches to visual image recognition and classification". *Radio Electronics, Computer Science, Control*. — No. 1. — Pp. 140–140. 2024, doi: 10.15588/1607-3274-2024-1-13. (in Eng.)
- P. Melzi et al. (2023). "Multi-ive: Privacy enhancement of multiple soft-biometrics in face embeddings," in *Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision*. — Pp. 323–331. 2023. (in Eng.)
- S. Minaee, A. Abdolrashidi, H. Su, M. Bennamoun, and D. Zhang (2023). "Biometrics recognition using deep learning: A survey". — *Artificial Intelligence Review*. — Vol. 56. — No. 8. — Pp. 8647–8695. 2023, doi: 10.1007/s10462-022-10237-x. (in Eng.)
- D. Mamieva, A.B. Abdusalomov, M. Mukhiddinov, and T.K. Whangbo (2023). "Improved face detection method via learning small faces on hard images based on a deep learning approach," *Sensors*. — Vol. 23. — No. 1. — P. 502. 2023, doi: 10.3390/s23010502. (in Eng.)
- V.M. Opanasenko, S.K. Fazilov, O.N. Mirzaev and S. Sa'dullo ugli Kakharov (2024). "An ensemble approach to face recognition in access control systems". — *Journal of Mobile Multimedia*. — Pp. 749–768. 2024, doi: 10.13052/jmm1550-4646.20310. (in Eng.)
- V.M. Opanasenko, S.K. Fazilov, S.S. Radjabov and S.S. Kakharov (2024). "Multilevel face recognition system". — *Cybernetics and Systems Analysis*. — Vol. 60. — No. 1. — Pp. 146–151. 2024, doi: 10.1007/s10559-024-00655-w. (in Eng.)
- A. Podorozhniak, N. Liubchenko, M. Sobol, and D. Onishchenko (2023). "Usage of Mask R-CNN for automatic license plate recognition". — *Advanced Information Systems*. — Vol. 7. — No. 1. — Pp. 54–58. 2023, doi: 10.20998/2522-9052.2023.1.09. (in Eng.)
- N. Uzakkyzy et al. (2023). "Image noise reduction by deep learning methods". — *International Journal of Electrical & Computer Engineering*. — Vol. 13. — No. 6. 2023, doi: 10.11591/ijece.v13i6.pp6855-6861. (in Eng.)
- P.B. Jha, A. Basnet, B. Pokhrel, G.K. Thakur and S. Chhetri (2023). "An automated attendance system using facial detection and recognition technology". — *Apex Journal of Business and Management*. — Vol. 1. — No. 1. — Pp. 103–120. 2023. (in Eng.)
- R.A. Waelen (2023). "The struggle for recognition in the age of facial recognition technology". *AI and Ethics*. — Vol. 3. — No. 1. — Pp. 215–222. 2023, doi: 10.1007/s43681-022-00146-8. (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 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