

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 (21) 1

ақпан - наурыз

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

Рысбайулы 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. 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

ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ДАМУДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

М.М. Жалғасова, К.В. Колесникова

ІСВ КҰЗЫРЕТТІЛІК МОДЕЛІН ЖОБАЛАРДЫ БАСҚАРУДЫҢ САЛАЛЫҚ ҚАЖЕТТІЛІКТЕРІНЕ
БЕЙІМДЕУ.....8

Г. Мауина, А. Найзағараева, Э. Тулегенова, Б. Жүсіпбек, М.У. Худойберганов

АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ҮШІН SNAR ЖӘНЕ PCA
ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ФАКТОРЛАРДЫҢ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫН ТАЛДАУ.....21

Б. Тасуов, А.Н. Аманбаева, С. Сактиото

БІЛІМ АЛУШЫЛАРДЫҢ ЦИФРЛЫҚ САУАТТЫЛЫҒЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ
МАҚСАТЫНДА БҮЛТТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ.....40

Д.А. Шрымбай, Э.Т. Адылбекова, Х.И. Бұлбұл

БОЛАШАҚ МҰҒАЛІМДЕРДІҢ КӘСІБИ ДАЙЫНДЫҒЫН ДАМУ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....58

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

А.А. Быков, А. Нұрланұлы, Н.А. Дауренбаева

ТЕМІР ЖОЛДЫҢ ЖЕР ТӨСЕМІНДЕГІ ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ОҚИҒАЛАРДЫ БОЛЖАУ
ӘДІСТЕМЕСІ.....71

К.Б. Багитова, Ш.Ж. Мусиралиева, Л. Курмангазиева, Ж. Молдашева, И.Терейковский
ӘЛЕУМЕТТІК ЖЕЛІЛЕРДЕГІ ГРАФИКАЛЫҚ РЕСУРСТАРДЫ ӨНДЕУ МОДЕЛІ.....82

А.Б. Касекева, А.К. Адилова, А.А. Шекербек, А.С. Баегизова, К.О. Рахимов

БАЛА ДАМУЫНА ӘСЕР ЕТЕТІН ҚАЗАҚ ЛИНГВИСТИКАСЫНЫҢ ӘЛЕУМЕТТІК-МӘДЕНИ
ДӘСТҮРЛЕРІН ЗЕРТТЕУГЕ АРНАЛҒАН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕ ҚҰРУ».....98

С.Б. Муханов, Д.М. Амрин, С.Ж. Жакыпбеков

ТАРТЫЛҒАН ЖЕЛІЛЕРДЕГІ КЕЗЕКТІК ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕРІН ЖҮЙЕ АРҚАЛЫҚ
ТАЛДАУ.....113

А. Оспанов, П. Алонсо-Жорда, А. Жумадилаева

ІОТ ДАТЧИКТЕРІ МЕН МАШИНАЛЫҚ ОҚУ ӘДІСТЕРІН ПАЙДАЛАНУАРҚЫЛЫ
ҚАЗЫРҒЫ ҚОЛДАНЫЛАТЫН ҚҰРМА ҚОЛДАУДЫҢ ОПТИМИЗАЦИЯСЫ: ЭМПИРИКАЛЫҚ
ЗЕРТТЕУ.....127

А.Т. Турсынова, Б.С. Омаров

МИ ИНСУЛЬТІНІҢ КТ КЕСКІНІН КЛАССИФИКАЦИЯЛАУҒА АРНАЛҒАН КӨРУ
ТРАНСФОРМАТОРЛАРЫ.....144

А.Г. Шаушенова, М.Ж. Базарова, Ж.Ж. Ажибекова, С. Шадинова, К.С. Бакенова

ӘРТҮРЛІ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІ АРҚЫЛЫ ҚҰЖАТТАРДЫ АВТОМАТТЫ
ТАЛДАУ МОДЕЛІН ҚҰРУ.....156

АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН

А.З. Айтмагамбетов, С.Ж. Жұмағали, Е.К. Коньсыбаев, М.М. Онгарбаева, И.В. Мелешкина

ҚАУІПСІЗ ЖӘНЕ ТИІМДІ ЛОГИСТИКА ҮШІН ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ НАВИГАЦИЯЛЫҚ ПЛОМБАНЫ
ӨЗІРЛЕУ.....170

Б.А. Кумалаков, А.Б. Казиз

ҒИМАРАТТАРДАҒЫ KUBERNETES АРҚЫЛЫ ОРКЕСТРЛЕНГЕН КӨПАГЕНТТІК
ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ АҚАУҒА ТӨЗІМДІЛІК ПЕН СЕНІМДІЛІК: УНИВЕРСИТЕТТІҢ КЕСТЕСІН
ЖОСПАРЛАУ КЕЙСІ.....185

Л. Рзаева, Д. Поголовкин, И. Шайя

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ МЕН ВЕКТОРЛЫҚ ДЕРЕКҚОРДЫ ПАЙДАЛАНА
ОТЫРЫП, ХАТ АЛМАСУЛАРДЫ ТАЛДАУ ҚЫЗМЕТІН ЦИФРЛЫҚ КРИМИНАЛИСТИКА ҮШІН
ӨЗІРЛЕУ.....201

Е. Чуракова, О. Новиков, О. Барановский, Т.В. Бабенко, Н.Е. Аскарбекова

ГЕНЕТИКАЛЫҚ БАҒДАРЛАМАЛУ ӘДІСІМЕН ШАБЫЛ ВЕКТОРЛАРЫН ҚАЙТА ҚҰРУ..226



СОДЕРЖАНИЕ

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВИТИИ СОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

М.М. Жалгасова, К.В. Колесникова

АДАПТАЦИЯ МОДЕЛИ КОМПЕТЕНЦИЙ ИСВ К ОТРАСЛЕВЫМ ПОТРЕБНОСТЯМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ.....8

Г.М. Мауина, А.А. Найзагараева, Э.Н. Тулегенова, Б.К. Жусипбек, М.У. Худойберганов
АНАЛИЗ ЗНАЧИМОСТИ ФАКТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SHAP И PCA ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ АГРАРНЫМИ РЕСУРСАМИ.....21

Б. Тасуов, А.Н. Аманбаева, С. Сактино

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЦЕЛЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ГРАМОТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....40

Д.А. Шрымбай, Э.Т. Адылбекова, Х.И. Бюльбюль

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ.....58

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А.А. Быков, А. Нурланулы, Н.А. Дауренбаева

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ В ЗЕМЛЯНОМ ПОЛОТНЕ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ.....71

К.Б. Багитова, Ш.Ж. Мусиралиева, Л. Курмангазиева, Ж. Молдашева, И. Терейковский
МОДЕЛЬ ОБРАБОТКИ ГРАФИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ.....82

А.Б. Касекеева, А.К. Адилова, А.А. Шекербек, А.С. Баегизова, К.О. Рахимов

ПОСТРОЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СОЦИОКУЛЬТУРНЫХ ТРАДИЦИЙ КАЗАХСКОЙ ЛИНГВИСТИКИ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАЗВИТИЕ РЕБЕНКА.....98

С.Б. Муханов, Д.М. Амрин, С.Ж. Жакыпбеков

МЕЖСИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЯХ.....113

А. Оспанов, П. Алонсо-Жорда, А. Жумадилаева

ОПТИМИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА СКЛАДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАТЧИКОВ ИОТ И МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ: ЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ.....127

А.Т. Турсынова, Б.С. Омаров

ТРАНСФОРМАТОРЫ ЗРЕНИЯ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ КТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ ИНСУЛЬТА ГОЛОВНОГО МОЗГА.....144

А.Г. Шаушенова, М.Ж. Базарова, Ж.Ж. Ажибекова, К.С. Шадинова, К.С. Бакенова

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДОКУМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....156

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А.З. Айтмагамбетов, С.Ж. Жумагали, Е.К. Конысбаев, М.М. Онгарбаева, И.В. Мелешкина

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ ПЛОМБЫ ДЛЯ БЕЗОПАСНОЙ И ЭФФЕКТИВНОЙ ЛОГИСТИКИ.....170

Б.А. Кумалаков, А.Б. Казиз

ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ В МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМАХ, ОРКЕСТРИРУЕМЫХ KUBERNETES: КЕЙС РАСПИСАНИЯ УНИВЕРСИТЕТА.....185

Л. Рзаева, Д. Поголовкин, И. Шайя

РАЗРАБОТКА СЕРВИСА АНАЛИЗА ПЕРЕПИСОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ВЕКТОРНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ КРИМИНАЛИСТИКИ.....201

Е. Чуракова, О. Новиков, О. Барановский, Т.В. Бабенко, Н.Е. Аскарбекова

РЕКОНСТРУКЦИЯ ВЕКТОРОВ АТАК МЕТОДОМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ.....226

CONTENT

DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

M.M. Zhalgassova, K.V. Kolesnikova

ADAPTING THE ICB COMPETENCY MODEL TO INDUSTRY-SPECIFIC PROJECT
MANAGEMENT NEEDS.....8

G. Mauina, A. Naizagarayeva, E. Tulegenova, B. Zhussipbek, M.U. Khudoyberganov
FACTOR IMPORTANCE ANALYSIS USING SHAP AND PCA FOR OPTIMIZING AGRICULTURAL
RESOURCE MANAGEMENT.....21

B. Tassuov, A.N. Amanbayeva, S.Saktioto
USING CLOUD TECHNOLOGY FOR THE FORMATION OF DIGITAL
LITERACY OF STUDENTS.....40

D. Shrymbay, E. Adylbekova, H.I. Bulbul
PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF FUTURE TEACHERS PROFESSIONAL TRAINING.....58

INFORMATION TECHNOLOGY

A.A. Bykov, A. Nurlanuly, N.A. Daurenbayeva
METHOD OF FORECASTING GEOPHYSICAL EVENTS IN THE RAILWAY GROUND BED.....71

K. Bagitova, Sh. Mussiraliyeva, L. Kurmangazyeva, Zh. Moldasheva, I. Tereikovskiy
THE MODEL FOR PROCESSING GRAPHIC RESOURCES OF SOCIAL NETWORKS.....82

A.B. Kassekeyeva, A.K. Adilova, A.A. Shekerbek, A. Bayegizova, K.O. Rahimov
CREATION OF AN INFORMATION SYSTEM FOR THE STUDY OF SOCIO-CULTURAL TRADITIONS OF
KAZAKH LINGUISTICS THAT INFLUENCE CHILD DEVELOPMENT.....98

S.B. Mukhanov, D.M. Amrin, S.Zh. Zhakybpekov
CROSS-SYSTEM ANALYSIS OF QUEUEING SYSTEMS INTERACTIONS IN DISTRIBUTED
NETWORKS OPTIMIZING113

A. Ospanov, Alonso-Jord Pedro, A. Zhumadillayeva
WAREHOUSE MONITORING WITH IOT SENSORS AND MACHINE
LEARNING: AN EMPIRICAL STUDY.....127

A.T. Tursynova, B.S. Omarov
VISION TRANSFORMERS FOR CLASSIFICATION OF CT IMAGES OF BRAIN STROKE.....144

A.G. Shaushenova, M.Zh. Bazarova, Zh.Zh. Azhibekova, K.S. Shadinova, K.S. Bakenova
CREATION OF AUTOMATIC DOCUMENT ANALYSIS MODEL USING DIFFERENT MACHINE
LEARNING ALGORITHMS.....156

INFORMATION SECURITY AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

A.Z. Aitmagambetov, S.Zh. Zhumagali, Ye.K. Konysbayev, M.M. Ongarbayeva, I.V. Meleshkina
DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT NAVIGATION SEAL FOR SAFE AND
EFFICIENT LOGISTICS.....170

B. Kumalakov, A. Kaziz
FAULT TOLERANCE AND RELIABILITY IN KUBERNETES-ORCHESTRATED MULTI-AGENT
SYSTEMS: UNIVERSITY SCHEDULING CASE STUDY.....185

L. Rzayeva, D. Pogolovkin, I. Shayea
DEVELOPMENT OF A CORRESPONDENCE ANALYSIS SERVICE USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE
TECHNOLOGY AND A VECTOR DATABASE FOR DIGITAL FORENSICS.....201

Y. Churakova, O. Novikov, O. Baranovskyi, T.V. Babenko, N.Y. Askarbekova
RECONSTRUCTING ATTACK VECTORS USING GENETIC PROGRAMMING.....226



INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 6. Is. 1. Number 21 (2025). Pp. 144–155

Journal homepage: <https://journal.iitu.edu.kz><https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.21.1.010>

MPHTI 28.23.37

VISION TRANSFORMERS FOR CLASSIFICATION OF CT IMAGES OF BRAIN STROKE

A.T. Tursynova¹, B.S. Omarov^{2}*

¹«Al-Farabi kazakh national university» NJSC, Almaty, Kazakhstan;

²«International information technology university» JSC, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: batyahan@gmail.com

Tursynova A. — PhD, Researcher at the Department of Artificial Intelligence and Big Data at Al-Farabi Kazakh National University

E-mail: azhar.tursynoval@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1918-065X;

Omarov B.— PhD, Associate Professor, Professor of the Department of Mathematics and Computer Modeling at the International Information Technologies University

E-mail: batyahan@gmail.com. ORCID: 0000-0002-8341-7113.

© A.T. Tursynova, B.S. Omarov, 2025

Abstract. Deep learning (DL) has shown good results in stroke imaging, which has made it possible to quickly and accurately classify brain abnormalities using computed tomography (CT). Various neural networks have previously been widely used to perform this task, but recent advances in transformer-based models offer new opportunities to improve classification performance. In this study, we investigate the use of vision transformers (ViT) to automatically classify computed tomography of cerebral stroke into normal and stroke categories. ViTs use attention mechanisms to selectively focus on important areas of an image, improving feature acquisition without having to pre-process the range associated with the task. The study offers an analysis of the ViT model, evaluating its effectiveness in stroke classification. Experimental results show that ViTs achieve competitive accuracy and excellent generalization of unprecedented data, demonstrating potential clinical applications. These results show that transformer models can play a key role in advancing automated stroke diagnosis, ultimately improving early detection and patient outcomes.

Keywords: brain stroke, deep learning, CT images, visual transformer, classification

For citation: A.T. Tursynova, B.S. Omarov. VISION TRANSFORMERS FOR CLASSIFICATION OF CT IMAGES OF BRAIN STROKE // INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES. 2025. Vol. 6. No. 21. Pp. 144–155 (In Kaz.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.21.1.010>.



МИ ИНСУЛЬТІНІҢ КТ КЕСКІНІН КЛАССИФИКАЦИЯЛАУҒА АРНАЛҒАН КӨРУ ТРАНСФОРМАТОРЛАРЫ

А.Т. Турсынова¹, Б.С. Омаров^{2}*

¹«әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» КеАҚ, Алматы, Қазақстан;

²«Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан.

E-mail: batyahan@gmail.com

Турсынова А. — PhD, «Жасанды интеллект және Big data» кафедрасының ғылыми қызметкері әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

E-mail: azhar.tursynova1@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1918-065X;

Омаров Б. — PhD, қауымдастырылған профессор, «Математика компьютерлік модельдеу» кафедрасының профессоры Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті

E-mail: batyahan@gmail.com. ORCID: 0000-0002-8341-7113.

© А.Т. Турсынова, Б.С. Омаров, 2025

Аннотация. Терең оқыту (DL) инсультті бейнелеуде жақсы нәтиже көрсетті, бұл компьютерлік томография (КТ) арқылы ми ауытқуларын жылдам және дәл жіктеуге мүмкіндік берді. Бұл тапсырманы орындау үшін осыған дейін әртүрлі нейрондық желілер кеңінен қолданылды, бірақ трансформаторға негізделген модельдердегі соңғы жетістіктер жіктеу өнімділігін жақсартудың жаңа мүмкіндіктерін ұсынады. Бұл зерттеуде біз ми инсультінің компьютерлік томографиясын қалыпты және инсульт санаттарына автоматтандырылған жіктеу үшін Көру Трансформаторларын (Vit) қолдануды зерттейміз. Vit-тер кескіннің маңызды аймақтарына таңдамалы түрде назар аудару үшін зейін механизмдерін пайдаланады, бұл тапсырмаға байланысты ауқымды алдын ала өңдеуді қажет етпестен мүмкіндіктерді алуды жақсартады. Біздің зерттеуіміз инсультті жіктеудегі тиімділігін бағалай отырып, ViT моделінің талдауын ұсынамыз. Эксперименттік нәтижелер Vit-тердің клиникалық қолдану әлеуетін көрсете отырып, бұрын-соңды болмаған деректер бойынша бәсекеге қабілетті дәлдікке және тамаша жалпылауға қол жеткізетінін көрсетеді. Бұл нәтижелер трансформаторға негізделген модельдер инсульттің автоматтандырылған диагностикасын ілгерілетуде шешуші рөл атқаруы мүмкін екенін көрсетеді, сайып келгенде, ерте анықтау мен пациенттердің нәтижелерін жақсартады.

Түйін сөздер: ми инсульті, терең оқыту, КТ суреттері, visual transformer, классификация

Дәйек сөздер үшін: А.Т. Турсынова, Б.С. Омаров: МИ ИНСУЛЬТІНІҢ КТ КЕСКІНІН КЛАССИФИКАЦИЯЛАУҒА АРНАЛҒАН КӨРУ ТРАНСФОРМАТОРЛАРЫ//ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ. 2025. Т. 6. No. 21. 144–155 бет. (орыс тілінде). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.21.1.010>.

ТРАНСФОРМАТОРЫ ЗРЕНИЯ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ КТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ ИНСУЛЬТА ГОЛОВНОГО МОЗГА

А.Т. Турсынова¹, Б.С. Омаров^{2}*

¹НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби», Алматы, Казахстан;

²АО «Международный университет информационных технологий», Алматы, Казахстан.

E-mail: batyahan@gmail.com

Турсынова А. — PhD, научный сотрудник кафедры «Искусственный интеллект и Big data» Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

E-mail: azhar.tursynova1@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1918-065X;

Омаров Б. — PhD, ассоциированный профессор, профессор кафедры «Математика и компьютерное моделирование» Международного университета информационных технологий, Алматы, Казахстан

E-mail: batyahan@gmail.com. ORCID: 0000-0002-8341-7113.

© А.Т. Турсынова, Б.С. Омаров, 2025

Аннотация. Глубокое обучение (DL) показало хорошие результаты в визуализации инсульта, что позволило быстро и точно классифицировать аномалии мозга с помощью компьютерной томографии (КТ). Различные нейронные сети до этого широко использовались для выполнения этой задачи, но последние достижения в моделях на основе трансформаторов предлагают новые возможности для улучшения производительности классификации. Авторы исследуют использование трансформаторов зрения (ViT) для автоматической классификации компьютерной томографии мозгового инсульта на нормальные и инсультные категории. ViT используют механизмы внимания, чтобы выборочно фокусироваться на важных областях изображения, улучшая получение функций без необходимости предварительной обработки диапазона, связанного с задачей. Данное исследование предлагает анализ модели ViT, оценивая ее эффективность в классификации инсульта. Экспериментальные результаты показывают, что ViT достигают конкурентоспособной точности и отличного обобщения беспрецедентных данных, демонстрируя потенциал клинического применения. Эти результаты показывают, что трансформаторные модели могут играть ключевую роль в продвижении автоматизированной диагностики инсульта, в конечном итоге улучшая раннее выявление и результаты лечения пациентов.

Ключевые слова: мозговой инсульт, глубокое обучение, КТ-изображения, visual transformer, классификация

Для цитирования: А.Т. Турсынова, Б.С. Омаров. ТРАНСФОРМАТОРЫ ЗРЕНИЯ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ КТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ ИНСУЛЬТА ГОЛОВНОГО МОЗГА//МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. 2025. Т. 6. No. 21. Стр. 144–155. (На рус.).



<https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.21.1.010>.

Қаржыландыру. Бұл жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі қаржыландыратын «Жасанды интеллект көмегімен ми инсультін диагностикалаудың кешенді жүйесі» зерттеу жобасының қолдауымен орындалды. ЖРИ грант нөмірі AP22686812.

Кіріспе

Инсульт дүние жүзінде жүрек-қан тамырлары ауруларынан кейінгі өлім-жітімнің екінші себебі және неонатальды аурулар мен жүрек-қан тамырлары ауруларынан кейінгі жаһандық мүгедектіктің үшінші себебі болып табылады (Feigin, 2022). Дүниежүзілік Денсаулық сақтау Ұйымының (ДДСҰ) мәліметтері бойынша, әлемде жыл сайын шамамен 15 миллион адам инсульт алады, 5 миллион адам қайтыс болады, ал қалған 5 миллион адам біржола мүгедек болады (You, 2022).

Өлім-жітімнің жоғары деңгейіне қарамастан, инсульт ерте диагноз қойылған жағдайда емделеді. Инсультті ерте анықтау ауыр зардаптардың немесе тіпті өлімнің алдын алуға көмектеседі. Инсульттің әрбір түрі әртүрлі терапияны қажет ететіндіктен, инсульт түрін анықтау өте маңызды және нейроваскулярлық ауруларды диагностикалауда нейробейнелеу құралдары болып табылады. Компьютерлік томография (КТ) және магнитті-резонанстық томография (МРТ) инсультті диагностикалау үшін қолданылатын ең көп таралған әдістер болып табылады. МРТ КТ-ға қарағанда жақсырақ кескіндерді қамтамасыз еткенімен (Ke, 2019), бұл процедураға қажетті әдіс тек ірі мекемелерде қолжетімді. Әдетте, КТ инсультті анықтаудағы негізгі қадам болып табылады, себебі ол зақымданудың көлемін, түрін және ауырлығын тексеруге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, КТ инсультті диагностикалаудың ең жылдам және үнемді технологиясы болып саналады (Vojsek, 2022). Нәтижесінде, жедел диагноз қою қажеттілігін ескере отырып, дәрігерлерге медициналық шешімдер қабылдауға көмектесу үшін КТ суреттерін талдайтын шешімдерді қолдау жүйелерінің маңыздылығы даусыз (Douaud, 2022).

Церебральды инсультті анықтауда бейнелеу әдістерін қолданудың түпкі мақсаты диагнозды мүмкіндігінше тезірек анықтау және емдеу шешімдерін қабылдау үшін ми ішілік қан тамырлары мен церебральды перфузия туралы нақты деректерді жинау болып табылады. Жедел ишемиялық инсульт жағдайында диагностика мен емдеудің кешігуі мидың жұмысына ауыр зардаптарға, сондай-ақ өлім қаупінің жоғарылауына әкелуі мүмкін. Эндovasкулярлық емдеу сияқты медициналық араласулардың негізділігі зақымданудың артқы немесе алдыңғы қан айналымындағы орналасуына және бұзылыстың басталуынан кейінгі кезеңге байланысты анықталады (Nogueira, Albers, 2018). Симптоматикалық науқастарды емдеудегі көптеген процестер адам мамандарының қатысуын талап етеді. Медициналық сарапшыларға сенім арту көп уақытты қажет ететін процесс болып табылады және бұл сарапшылар әр медициналық мекемеде әрқашан бола бермеуі мүмкін. Инсульт кезінде мидың зақымдануын жылдам

диагностикалау және қай паренхималық аймақтардың зақымдалғанын анықтау үшін КТ және МРТ сияқты бейнелеу зерттеулері қажет. Ерте емдеу әдістерін кеңейту үшін ми инсультін бағалаудың автоматтандырылған тәсілдері қажет.

Церебральды инфаркттарды автоматты түрде анықтаудың және жіктеудің дәстүрлі әдістері клиникалық деректерді мұқият талдаудан кейін алгоритм әзірлеушілері ұсынған мүмкіндіктерді жобалауға арналған нұсқаулар жиынтығын пайдалана отырып әзірленді (Zhang, 2020). Потенциалды ми инсультінің кейбір аспектілері жасырын және сканерлеу кезінде анықтау қиын болғандықтан, инсультті автоматты түрде жіктеудің дәстүрлі әдістеріне талғампаздықтың болмауы кедергі келтірді. Екінші жағынан, терең оқыту әдістері әдеттегі машиналық оқытудан айырмашылығы, оқу үлгілерінен көрнекі атрибуттарды үйрене алады (Fan, 2022). Бұл әдістер церебральды инфаркттарды модельдеуді жеңілдетуге және терең оқытудың алдыңғы тәсілдерінің шектеулерін жоюға мүмкіндік береді (Thiyagarajan, 2021).

Жасанды интеллекттің заманауи қолданбалары адамдарға әртүрлі мәселелерді шешуге көмектесуге арналған. Жақында трансформаторларды қолдану робототехника, кескінді тану және мәтінді тануда таңғажайып нәтижелерге қол жеткізген ғылыми қауымдастық арасында ең танымал тақырыпқа айналды. Нейрондық желілер құрылымдалмаған деректерді, әсіресе кескіндерді, мәтінді, аудионы және сөйлеуді өңдеуде өркендейді. Visual transformers (ViT) мұндай құрылымдалмаған деректер үшін өзін жақсы жағынан көрсетті (Liu, 2023).

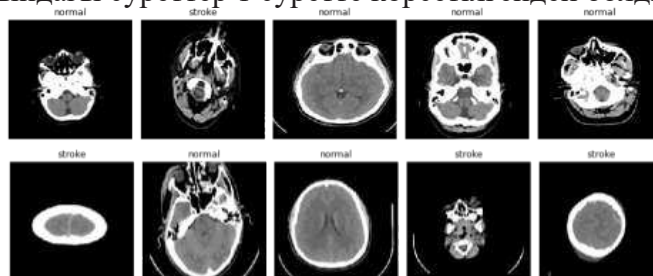
Ишемиялық церебральды инсульттің диагностикасы мен treatment жақсарту мәселесін шешу үшін бұл зерттеу КТ сканерлеуінде церебральды инфарктты анықтауға арналған ViT негізіндегі автоматтандырылған тәсілді ұсынады. Осыған байланысты салынған ViT моделінің жұмысын жақсарту үшін кескінді алдын ала өңдеу және мүмкіндіктерді жобалау әдістері қолданылды. Жоғарыда аталған қолдану түрлерін жүзеге асырудың ең күрделі аспектісі сирек үйлесімді үш факторды біріктіру болып табылады: есептеу білімі, әсіресе кескінді талдауда, медициналық білімде және жоғары өнімді есептеулерде (Liu, 2021). Медициналық бейнелеу әдістерінде әртүрлі алгоритмдерді қолданатын және ұқсас нәтижелер беретін бірқатар зерттеу бастамалары бар, бірақ олардың ешқайсысында қарапайым клиникалар үшін пайдаланушыға ыңғайлы интерфейс жоқ (Kumar, 2022).

Материалдар мен әдістер

Кескінді жіктеуге арналған ViT-бұл Кескінді жіктеу тапсырмалары үшін арнайы әзірленген Vision Transformer (ViT) тұжырымдамасына негізделген модель. Бұл модель Hugging Face Transformers топтамасының бөлігі болып табылады және мазмұнды визуалды талдауға бейімделген ViT жүйесінің өзгертілген нұсқасы болып табылады. ViT архитектурасының өзі алғаш рет (Dosovitskiy, 2020) мақалада енгізілген. Мақала авторлары дәстүрлі түрде мәтінді өңдеу үшін қолданылатын трансформаторлардың технологиясын кескіндермен жұмыс істеуге бейімдеп, бұл модельге визуалды деректерді тиімділіктің жаңа дәрежесімен талдауға мүмкіндік берді.



Жалпыға қол жетімді kaggle платформасы деректер жиынтығы ретінде пайдаланылды (Rahman, 2022). Бұл деректер жиынтығы 80 %/10 %/10 % яғни, оқыту, валидация және тестілеу болып үш топқа бөлінді және дені сау адамдардың 1551 суретін және инсульт алған 950 жағдайын қамтыды. Деректер жиынтығындағы суреттер 1 суретте көрсетілгендей болды.



Сур. 1. Деректер жиынының мазмұны

Модельді бағалауға арналған метрикалар

Модельде дәлдік, нақтылық, кері байланыс және F1 ұпайы-болжау нәтижелерін бағалау үшін пайдаланатын көрсеткіштер (Yacoubu, 2020). Дәлдік-бұл барлық өлшемдер бойынша модель болжамының дәлдік дәрежесін көрсететін көрсеткіш. Ол модель жасаған дұрыс болжамдардың пайызы ретінде өлшенеді. Бұл әсіресе барлық сыныптар бірдей маңызды болған жағдайларда пайдалы. Оны анықтаудың формуласы-нақты болжамдар санының жасалған болжамдардың жалпы санына қатынасы. Шындығында, бұл сыныптың дұрыс болжану ықтималдығы. (1) теңдеу дәлдік формуласын көрсетеді.

$$Accuracy(a) = \frac{\sum_{i=1}^N [a(x_i) = y_i]}{N} = \frac{P + N}{P + N + P + N} \quad (1)$$

Мұнда TP - шынайы оң нәтижелер, TN - шынайы теріс нәтижелер, FP - жалған оң нәтижелер, FN - жалған теріс нәтижелер.

Абсолютті сенімділікке қатысты өлшеу кезінде дәлдік біздің оң нәтижелеріміздің сенімділігі туралы нақты түсінік береді. Берілген фотосуретте біз болжаған қанша элемент шынайы аннотацияға сәйкес келді? Нақтылық (2) формуласымен сипатталады.

$$precision = \frac{P}{P + P} \quad (2)$$

Кері байланыс немесе сезімталдық — бұл біздің оптимистік болжамдарымыздың нақты әлемге қаншалықты сәйкес келетінін дәл сипаттауға тырысатын пайдалы Өлшем.

(3)

$$recall = \frac{P}{P + N}$$

Дәлдік пен толықтық арасындағы орташа гармоникалық мән F-өлшемімен белгіленеді. Егер дәлдік немесе толықтық 0-ге ұмтылса, онда бұл көрсеткіш 0-ге тең болады. (4) теңдеу F-өлшемін бағалау формуласын көрсетеді.

(4)

$$F_{measure} = \frac{2 P_{recision} R_{call}}{P_{recision} + R_{call}}$$

Зерттеу нәтижелері

ViT моделі аз деректер қорына қарамастан өте жақсы нәтиже көрсеткіштерін берді. Модель барлығы 5 эпохада жүріп шықты, әрбір эпоха сайын оқудағы және валидациядағы жоғалтулар төмендеп ең аяғында оқытуда 0.0058, ал валидацияда 0.0089 жетіп тоқтады (2 сурет), модельде қайта оқыту болмас үшін early stopping әдісі қолданылды.

Epoch	Training Loss	Validation Loss
1	0.422400	0.326900
2	0.070700	0.108931
3	0.082000	0.084135
4	0.006700	0.011589
5	0.005800	0.008875

Сур. 2. Оқыту мен валидацияның жоғалтулар нәтижесі

3 сурет бағалау модельдің жоғары өнімділігін көрсететін төмен шығынды – 0,00899 көрсетеді. Өңдеу жылдамдығы секундына 8,8 үлгіні көрсетті және модель 5 эпохадан кейін бағаланды. Тұтастай алғанда, модель классификация үшін жақсы дайындалған және тиімді нәтижелер берді.

```
metrics = trainer.evaluate(test_dataset)
print(metrics)
```



[30/30 00:51]

```
{'eval_loss': 0.008996691554784775, 'eval_runtime': 53.7541, 'eval_samples_per_second': 8.799, 'eval_steps_per_second': 0.558, 'epoch': 5.0}
```

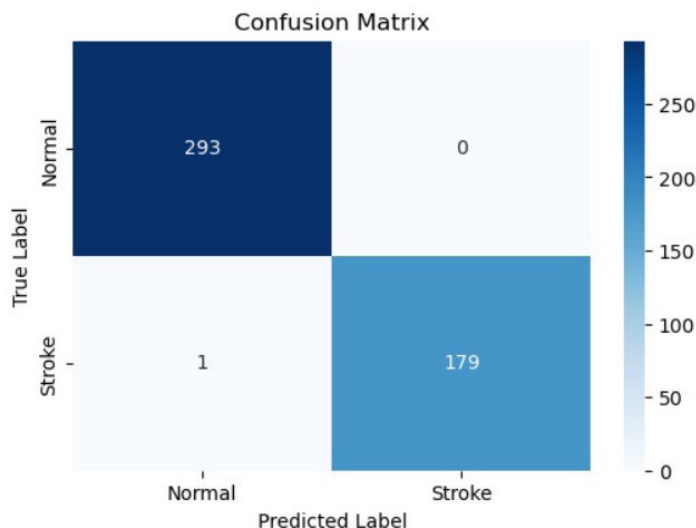
Сурет 3 – Бағалау нәтижесі

Модель 99,79 % дәлдікке қол жеткізе отырып, ерекше өнімділікті көрсетеді, яғни ол барлық дерлік үлгілерді дұрыс жіктеді. 100 % дәлдікпен ол ешқандай жалған оң болжам жасамайды, ал 99,44 % кері қайтарып алу инсульттің барлық дерлік нақты жағдайлары анықталғанын көрсетеді. F-1 ұпайының 99,72 % дәлдік пен кері байланыс арасындағы тепе-теңдікті растайды. Сонымен қатар, 100% ROC-AUC ұпайы класстарға тамаша бөлінгенін көрсетеді (4 сурет). Бұл нәтижелер компьютерлік томографияда инсультті жіктеудің жоғары тиімді моделін көрсетеді, дегенмен сенімді жалпылауды қамтамасыз ету үшін нақты деректерді болашақта одан әрі тексеру керек.

	Metric	Value
0	Accuracy	0.997886
1	Precision	1.000000
2	Recall (Sensitivity)	0.994444
3	F1-score	0.997214
4	ROC-AUC	1.000000

Сур. 4. Модельді бағалауға арналған метрикалар нәтижесі

5 суретте шатасу матрицасы модельдің қалыпты және инсульт жағдайларын жіктеуде өте жақсы жұмыс істейтінін көрсетеді. Ол инсульттің 293 қалыпты жағдайын және инсульттің 179 жағдайын дұрыс анықтайды, инсульттің нөлдік жалған оң нәтижелері бар. Бірде-бір қалыпты жағдай инсульт ретінде қате жіктелмеді. Инсульт жағдайы қате түрде қалыпты деп жіктелген бір ғана жалған теріс нәтиже бар. Модель жоғары дәлдікке және еске түсіруге қол жеткізеді, 473 үлгінің тек біреуі ғана қате жіктелген, бұл оны инсультті жіктеу үшін өте сенімді етеді. Бұл диагностиканың күшті әлеуетін көрсетеді, бірақ нақты өмірде тексеру үшін болашақта әртүрлі деректер жиынында одан әрі тестілеу қажет.



Сур. 5. Шатасу матрицасы нәтижесі

Келесі 6 суретте модельдің архитектурасы көрсетілген. Берілген суретте кескіндерді жіктеуге арналған Көру Трансформаторының (ViT) моделінің архитектурасы көрсетілген. Бұл ViT моделі кескіндерді конволюциялық қабаттардан гөрі өзіне-өзі назар аудару механизмдерін қолдана отырып жіктеуге арналған және бұл оған ұзақ мерзімді тәуелділіктерді тиімді түсіруге мүмкіндік береді.

– Патч Ендірмелері:

Кіріс кескіні шығыс ендіру өлшемі 768 болатын Conv2D қабатын пайдаланып патчтарға (16x16) бөлінеді.

Содан кейін бұл патчтар трансформатор үшін кіріс таңбалауыштары ретінде қызмет ету үшін сызықтық түрде жобаланады.

– ViT Кодтаушысы:

Модель 12 трансформатор қабатынан (Витлейерлерден) тұрады, олардың әрқайсысында:

– Өз-өзіне назар аудару (ViTSdpaSelfAttention):

768 өлшемді мүмкіндіктер көрінісі бар сұрау, кілт және мән проекцияларын пайдаланады.

Назар аудару қабаттарында оқуды тастап кету қолданылмайды.

– Алға жіберу желісі (ViTIntermediate & ViTOutput):

Мүмкіндіктерді 3072 өлшемге дейін кеңейтеді, GELU активациясын қолданады және 768 өлшемге дейін жобалайды.

Қабатты қалыпқа келтіру (LayerNorm):

Нормализацияға дейінгі және кейінгі қалыпқа келтіру қабаттары

жаттығуды тұрақтандыруға көмектеседі.

– Жіктеуіш басшы:

Соңғы сызықтық қабат 768 өлшемді мүмкіндік векторын 2 шығыс класына «Қалыпты» және «Инсульт» деп салыстырады.

```
ViTForImageClassification(
  (vit): ViTModel(
    (embeddings): ViTEmbeddings(
      (patch_embeddings): ViTPatchEmbeddings(
        (projection): Conv2d(3, 768, kernel_size=(16, 16), stride=(16, 16))
      )
      (dropout): Dropout(p=0.0, inplace=False)
    )
    (encoder): ViTEncoder(
      (layer): ModuleList(
        (0-11): 12 x ViTLayer(
          (attention): ViTSdpaAttention(
            (attention): ViTSdpaSelfAttention(
              (query): Linear(in_features=768, out_features=768, bias=True)
              (key): Linear(in_features=768, out_features=768, bias=True)
              (value): Linear(in_features=768, out_features=768, bias=True)
              (dropout): Dropout(p=0.0, inplace=False)
            )
            (output): ViTSelfOutput(
              (dense): Linear(in_features=768, out_features=768, bias=True)
              (dropout): Dropout(p=0.0, inplace=False)
            )
          )
          (intermediate): ViTIntermediate(
            (dense): Linear(in_features=768, out_features=3072, bias=True)
            (intermediate_act_fn): GELUActivation()
          )
          (output): ViTOutput(
            (dense): Linear(in_features=3072, out_features=768, bias=True)
            (dropout): Dropout(p=0.0, inplace=False)
          )
          (layernorm_before): LayerNorm((768,), eps=1e-12, elementwise_affine=True)
          (layernorm_after): LayerNorm((768,), eps=1e-12, elementwise_affine=True)
        )
      )
      (layernorm): LayerNorm((768,), eps=1e-12, elementwise_affine=True)
    )
    (classifier): Linear(in_features=768, out_features=2, bias=True)
  )
)
```

Сур.6. ViT моделінің архитектурасы

Талқылау

ViT моделі ми инсультінің КТ кескінін жіктеу үшін жақсы құрылымдалған. Ол CNN-ге негізделген мүмкіндіктерді тиімді түрде өз-өзіне назар аудару механизмдерімен алмастырады, бұл жаһандық контексте тиімді оқытуды қамтамасыз етеді. Алдыңғы бағалауларда байқалған жоғары дәлдік пен жалпылау қабілетін ескере отырып мына архитектура медициналық кескіндерді жіктеу тапсырмаларына өте қолайлы екені көрініп тұр.

Қорытынды

Бұл мақалада біз мидың КТ суреттері бойынша инсультті жіктеу мәселесін шешу үшін Visual Transformer (ViT) моделін қолдану мүмкіндіктерін қарастырдық. Ұсынылған мәліметтерге сүйене отырып, ViT моделі керемет

нәтижелер көрсетеді. Visual технологиясының арқасында визуалды деректер патчтарына бөлу, ViT кескіндегі жаһандық контекстік байланыстарды тиімді талдайды, бұл медициналық деректерді дәл диагностикалау үшін өте маңызды.

Біздің эксперименттеріміз ViT моделі классификацияның дәлдігін жақсартып қана қоймай, сонымен қатар модельді жаңа анықталмаған деректерге қолданудың жоғары қабілетіне ие екендігін растайды, бұл әсіресе әр суретте ерекшеліктер болуы мүмкін нақты клиникалық тәжірибе жағдайында өте маңызды. Сондай-ақ, ViT деректерді алдын ала өңдеуді азырақ қажет ететінін атап өткен жөн, бұл деректерді дайындау уақытын қысқартады және медициналық ақпараттық жүйелерге интеграциялауды жеңілдетеді.

Қорытындылай келе, біздің зерттеу нәтижелері ViT медициналық деректерді визуализациялаудың уәде етілген технологиясы екенін және болашақта инсульт диагностикасының тиімділігін арттыруда шешуші рөл атқара алатынын көрсетті. Бұл медицинадағы әртүрлі мәселелерді шешу, диагностикалық процедураларды автоматтандыру және клиникалық шешімдерді қолдаудың дәлірек жүйелерін әзірлеу үшін терең оқытуды қолдану бойынша қосымша зерттеулерге жол ашады. Біздің зерттеуіміз басқа ғалымдарды осы бағыттағы жаңа жаңалықтарға шабыттандырады және клиникалық тәжірибеге жасанды интеллектті кеңінен енгізуге ықпал етеді деп үміттенеміз.

REFERENCES

- Feigin V., Brainin M., Norrving B., Martins S. & Sacco R. (2022). World stroke organization (WSO): Global stroke fact sheet 2022. — *International Journal of Stroke*. — 17(1). — Pp. 18–29.
- You W., Henneberg R. & Henneberg M. (2022). Healthcare services relaxing natural selection may contribute to increase of dementia incidence. — *Scientific Reports*. — 12(1). — Pp. 1–10.
- Ke Q., Zhang J., Wei W., Damaševičius R. & Woźniak M. (2019). Adaptive independent subspace analysis of brain magnetic resonance imaging data. — *IEEE Access*, — 7. — Pp. 12252–12261.
- Vojcek E., Gyarmathy V.A., Graf R., Laszlo A.M. & Ablonczy L. (2022). Mortality and long-term outcome of neonates with congenital heart disease and acute perinatal stroke: A population-based case-control study. — *Con-genital Heart Disease*. — 17(4). — Pp. 447–461.
- Douaud G., Lee S., Alfaro-Almagro F., Arthofer C. & Wang C. (2022). SARS-CoV-2 is associated with changes in brain structure in UK Biobank. — *Nature*. — 604(7907). — Pp. 697–707.
- Nogueira R.G., Jadhav A.P., Haussen D.C., Bonafe A. & Budzik R.F. (2018). Thrombectomy 6 to 24 hours after stroke with a mismatch between deficit and infarct. — *New England Journal of Medicine*. — 378(1). — Pp. 11–21.
- Albers G.W., Marks M.P., Kemp S., Christensen S. & Tsai J.P. (2018). Thrombectomy for stroke at 6 to 16 hours with selection by perfusion imaging. — *New England Journal of Medicine*. — 378(8). — Pp. 708–718.
- Zhang C., Guo X., Guo X., Molony D. & Li H. (2020). Machine learning model comparison for auto-matic segmentation of intracoronary optical coherence tomography and plaque cap thickness quantification. — *CMES-Computer Modeling in Engineering & Sciences*. — 123(2). — Pp. 631–646.
- Fan L. & Zhang L. (2022). Multi-system fusion based on deep neural network and cloud edge computing and its application in intelligent manufacturing. — *Neural Computing and Applications*. — 34(5). — Pp. 3411–3420.
- Thiyagarajan S.K. & Murugan K. (2021). A systematic review on techniques adapted for segmentation and classification of ischemic stroke lesions from brain MR images. — *Wireless Personal Communications*. — 118(2). — Pp. 1225–1244.
- Liu Y., Zhang Y., Wang Y., Hou F., Yuan J., Tian J., et al. (2023). A survey of visual transformers. — *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*.
- Liu Y. et al. (2021). Efficient training of visual transformers with small datasets. — *Advances in Neural Infor-*

mation Processing Systems. — 34. — Pp. 23818–23830.

Kumar N. & Michmizos K.P. (2022). A neurophysiologically interpretable deep neural network predicts complex movement components from brain activity. — *Scientific Reports*. — 12(1). — Pp. 1–12.

Dosovitskiy A., Beyer L., Kolesnikov A., Weissenborn D., Zhai X. & Unterthiner T., et al. (2020). An image is worth 16×16 words: Transformers for image recognition at scale. — *arXiv preprint arXiv:2010.11929*.

Rahman A. (2022). Brain Stroke CT Image Dataset. — *Kaggle*. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/afridirahman/brain-stroke-ct-image-dataset>. [Accessed: 17.10.2024].

Yacouby R. & Axman D. (2020). Probabilistic extension of precision, recall, and f1 score for more thorough evaluation of classification models. — *Proceedings of the First Workshop on Evaluation and Comparison of NLP Systems*. — Pp. 79–91.



**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 15.03.2025.

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).