

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»
ЧФ «Халық»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN
«Halyk» Private Foundation

**SERIES
PHYSICS AND INFORMATION TECHNOLOGY**

2 (350)

APRIL – JUNE 2024

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963
PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK



ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в *Astana IT University*, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «*USTEM Robotics*» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «*Almaty Digital Ustaz*».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и Wos и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,
Благотворительный Фонд «Халык»!**

БАС РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

МАМЫРБАЕВ Өркен Жұмажанұлы, ақпараттық жүйелер мамандығы бойынша философия докторы (Ph.D), ҚР БҒМ Ғылым комитеті «Ақпараттық және есептеуші технологиялар институты» РМК жауапты хатшысы (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

БАЙГУНЧЕКОВ Жұмаділ Жанабайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Сатпаев университетінің Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, (Алматы, Қазақстан), **Н=3**

ВОЙЧИК Вальдемар, техника ғылымдарының докторы (физика), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша), **Н=23**

БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=10**

QUEVEDO Nemando, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), **Н=28**

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), **Н=5**

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан), **Н=26**

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), **Н=42**

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=10**

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=12**

КАЛАНДРА Пьетро, Ph.D (физика), Нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), **Н=26**

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика және информатика сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 14.02.2018 ж. берілген **№ 16906-Ж** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *физика және ақпараттық коммуникациялық технологиялар сериясы*. Қазіргі уақытта: *«ақпараттық технологиялар» бағыты бойынша ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған журналдар тізіміне енді.*

Мерзімділігі: *жылына 4 рет.*

Тиражы: *300 дана.*

Редакцияның мекен-жайы: *050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19*
<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Галимжаир Мутанович, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

МАМЫРБАЕВ Оркен Жумажанович, доктор философии (PhD) по специальности Информационные системы, ответственный секретарь РГП «Института информационных и вычислительных технологий» Комитета науки МОН РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), **Н=7**

БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, Университет Сагпаева (Алматы, Казахстан), **Н=3**

ВОЙЧИК Вальдемар, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша), **Н=23**

БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=10**

QUEVEDO Hemando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), **Н=28**

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=7**

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), **Н=5**

РАМАЗАНОВ Тлексабул Сабитович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, проректор по научно-инновационной деятельности, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=26**

ТАКИБАЕВ Нурғали Жабағевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=5**

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), **Н=42**

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстанско-Британский технический университет (Алматы, Казахстан), **Н=10**

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, доктор физико-математических наук, профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=12**

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), **Н=26**

«Известия НАН РК. Серия физика и информатики».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: *Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).*

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан **№ 16906-Ж** выданное 14.02.2018 г.

Тематическая направленность: *серия физика и информационные коммуникационные технологии.* В настоящее время: *вошел в список журналов, рекомендованных ККСОН МОН РК по направлению «информационные коммуникационные технологии».*

Периодичность: *4 раз в год.*

Тираж: *300 экземпляров.*

Адрес редакции: *050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

EDITOR IN CHIEF:

MUTANOV Galimkair Mutanovich, doctor of technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, acting director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H=5**

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

MAMYRBAYEV Orken Zhumazhanovich, Ph.D. in the specialty "Information systems, executive secretary of the RSE "Institute of Information and Computational Technologies", Committee of Science MES RK (Almaty, Kazakhstan) **H=5**

EDITORIAL BOARD:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), **H=7**

BAYGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabayevich, doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Institute of Cybernetics and Information Technologies, Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), **H=3**

WOICIK Waldemar, Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, Lublin University of Technology (Lublin, Poland), **H=23**

BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=10**

QUEVEDO Hemando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), **H=28**

ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=7**

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine), **H=5**

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Vice-Rector for Scientific and Innovative Activity, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=26**

TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=5**

TIGHINEANU Ion Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), **H=42**

KHARIN Stanislav Nikolayevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), **H=10**

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=12**

CALANDRA Pietro, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy), **H=26**

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

Series of physics and informatics.

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan **No. 16906-ЖК**, issued 14.02.2018
Thematic scope: *series physics and information technology.*

Currently: *included in the list of journals recommended by the CCSES MES RK in the direction of «information and communication technologies».*

Periodicity: *4 times a year.*

Circulation: *300 copies.*

Editorial address: *28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES
ISSN 1991-346X
Volume 2. Number 350 (2024). 218–234
<https://doi.org/10.32014/2024.2518-1726.278>

© **A.A. Mukhanova**¹, **S.K. Kozhukaeva**^{1*}, **L.G. Rzayeva**², **Zh.E. Doumcharieva**³,
U.T. Makhazhanova¹, 2024

¹L. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan;

²Astana IT University, Astana, Kazakhstan;

³Taraz Regional University named after M.Kh. Dulaty.

E-mail: ayagoz198302@mail.ru

APPLICATION AND ANALYSIS OF DEEP LEARNING MODELS FOR DIAGNOSIS OF RETINAL DISEASES FROM MEDICAL IMAGES

A.A. Mukhanova — PhD, associate professor L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail ayagoz198302@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3987-0938>;

S.K. Kozhukaeva — undergraduate student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail tadilas@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0008-8488-2317>;

L.G. Rzayeva — PhD, Assistant Professor, Astana IT University, Astana, Kazakhstan

E-mail l.rzayeva@astanait.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-3382-4685>;

Zh.E. Doumcharieva — master's degree, Taraz Regional University named after M.H. Dulati, Taraz, Kazakhstan

E-mail zhanagul78@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-4085-8409>;

U.T. Makhazhanova — PhD, Senior lecturer, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail makhazhan.ut@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-5528-8000>.

Abstract. The article is devoted to the study and application of deep learning methods for the diagnosis of retinal diseases based on medical images. The stage of medical image analysis includes the use of modern deep learning models for eye diseases such as diabetic retinopathy, glaucoma and cataracts. The study of medical retinal images includes complex and subtle details that require high accuracy and special knowledge. In the course of the study, a comparative analysis of various models was carried out to determine their effectiveness for the implementation of specific diagnostic tasks. With the help of the analysis, the methods with the greatest effectiveness for the diagnosis of eye diseases were selected. The application of the selected methods in the field of medicine, in particular, in the diagnosis of retinal diseases, opens up new horizons. The use of deep learning models contributes not only to the automation of the data processing process, but also to a significant improvement in the accuracy and speed of diagnostics. Within the framework of the article, special attention was paid to the development of algorithms capable of processing medical images in real time, which is an important aspect of preventing serious consequences, including vision loss, through surgical intervention in the treatment process.

Keywords: deep learning, retinal diseases, convolution neural network, classification, segmentation

©**А.А. Мұханова**¹, **С.К. Кожукаева**^{1*}, **Л.Г. Рзаева**², **Ж.Е. Доумчариева**³,
У.Т. Махажанова¹, 2024

¹Л. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана, Қазақстан;

²Astana IT University, Астана, Қазақстан;

³М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз, Қазақстан.

E-mail: ayagoz198302@mail.ru

МЕДИЦИНАЛЫҚ БЕЙНЕЛЕР НЕГІЗІНДЕ КӨЗ ТОРЫНЫҢ АУРУЛАРЫН ДИАГНОСТИКАЛАУ ҮШІН ТЕРЕҢ ОҚЫТУ МОДЕЛЬДЕРІН ҚОЛДАНУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ

А.А. Мұханова — PhD, қауымдастырылған профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Евразия Ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

E-mail ayagoz198302@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3987-0938>;

С.К. Кожукаева — студент, Л.Н.Гумилев атындағы Евразия Ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

E-mail tadilas@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0008-8488-2317>;

Л.Г. Рзаева — PhD, Ассистент Профессор, Astana IT University, Астана, Қазақстан

E-mail l.rzayeva@astanait.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-3382-4685>;

Ж.Е. Доумчариева — магистр, М.Х.Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз, Қазақстан

E-mail zhanagul78@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-4085-8409>;

У.Т. Махажанова — PhD, аға оқытушы, Л.Н.Гумилев атындағы Евразия Ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

E-mail makhazhan.ut@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-5528-8000>.

Аннотация. Мақала медициналық бейнелер негізінде көз торының ауруларын диагностикалау үшін терең оқыту әдістерін зерттеуге және қолдануға арналған. Медициналық кескінді талдау кезеңі терең оқытудың заманауи моделдерін диабеттік ретинопатия, глаукома және катаракта сияқты көз ауруларын үшін қолдануды қамтиды. Көз торының медициналық кескіндерін зерттеу жоғары дәлдік пен арнайы білімді талап ететін күрделі және нәзік бөлшектерді қамтиды. Зерттеу барысында нақты диагностикалық міндеттерді жүзеге асыру үшін олардың тиімділігін анықтай отырып, әртүрлі моделдерге салыстырмалы талдау жүргізілді. Жүргізілген талдау арқылы көз ауруларының диагностикасы үшін тиімділігі ең жоғары әдістер таңдалды. Медицина саласында, атап айтқанда, көз торының ауруларын диагностикалауда таңдалған әдістерді қолдану жаңа көкжиектерді ашады. Терең оқыту моделдерін пайдалану деректерді өңдеу процесін автоматтандыруға ғана емес, диагностиканың дәлдігі мен жылдамдығын айтарлықтай жақсартуға ықпал етеді. Мақала аясында медициналық бейнелерді нақты уақыт режимінде өңдеуге қабілетті алгоритмдерді әзірлеуге ерекше назар аударылды, бұл емдеу процесіне жедел араласу арқылы ауыр зардаптарды, соның ішінде көру қабілетінің жоғалуын алдын алудың маңызды аспектісі болып табылады.

Түйін сөздер: терең оқыту, көз торының аурулары, конволюциялық нейрондық желі, классификация, сегментация

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландыруы бойынша, грант № AP19677451.

©А.А. Муханова¹, С.К. Кожукаева^{1*}, Л.Г. Рзаева², Ж.Е. Доумчариева³,
У.Т. Махажанова¹, 2024

¹Евразийский национальный университет имени Л. Гумилева, Астана, Казахстан;

²Astana IT University, Астана, Казахстан;

³Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан.

E-mail: ayagoz198302@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ И АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕТЧАТКИ ГЛАЗА НА ОСНОВЕ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А.А. Муханова — PhD, ассоциированный профессор, Евразийский национальный университет имени Л. Гумилева, Астана, Казахстан

E-mail ayagoz198302@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3987-0938>;

С.К. Кожукаева — студент, Евразийский национальный университет имени Л. Гумилева, Астана, Казахстан

E-mail tadilas@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0008-8488-2317>;

Л.Г. Рзаева — PhD, Ассистент Профессор, Astana IT University, Астана, Казахстан

E-mail l.rzayeva@astanait.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-3382-4685>;

Ж.Е. Доумчариева — магистр, Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

E-mail zhanagul78@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-4085-8409>;

У.Т. Махажанова — PhD, ст. преподаватель, Евразийский национальный университет имени Л. Гумилева, Астана, Казахстан

E-mail makhazhan.ut@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-5528-8000>.

Аннотация. Статья посвящена изучению и применению методов глубокого обучения для диагностики заболеваний сетчатки на основе медицинских изображений. Этап медицинского анализа изображений включает использование современных моделей глубокого обучения при заболеваниях глаз, таких как диабетическая ретинопатия, глаукома и катаракта. Изучение медицинских изображений сетчатки включает сложные и тонкие детали, требующие высокой точности и специальных знаний. В ходе исследования был проведен сравнительный анализ различных моделей с определением их эффективности для реализации конкретных диагностических задач. С помощью проведенного анализа были выбраны методы с наибольшей эффективностью для диагностики заболеваний глаз. Применение выбранных методов в области медицины, в частности, в диагностике заболеваний сетчатки, открывает новые горизонты. Использование моделей глубокого обучения способствует не только автоматизации процесса обработки данных, но и значительному улучшению точности и скорости диагностики. В рамках статьи особое внимание было уделено разработке алгоритмов, способных

обрабатывать медицинские изображения в режиме реального времени, что является важным аспектом предотвращения серьезных последствий, включая потерю зрения, путем оперативного вмешательства в процесс лечения.

Ключевые слова: глубокое обучение, болезни сетчатки глаза, конволюционная нейронная сеть, классификация, сегментация

Кіріспе

Жасанды интеллект саласындағы ең перспективалы бағыттардың бірі болып табылатын тереңдетілген оқыту бүгінгі таңда көптеген ғылыми зерттеулер мен практикалық қолдану салаларында шешуші рөл атқарады. Терең оқыту саласының ерекшелігі — деректерді талдау арқылы адам миының жұмысына еліктейтін, өздігінен үйренетін және шешім қабылдай алатын жасанды нейрондық желілерді құру болып табылады.

Терең оқыту әдістері, әсіресе конволюциялық нейрондық желілері (CNN) медициналық бейнелердегі патологияларды дәл диагностикалау мен локализациялаудың тиімді құралы ретінде дәлелденді (Vengalil, 2019). Бұл жұмыс тек көз торының бейнелеріндегі патологиялық өзгерістерді дәл анықтай алатын алгоритмдерді құруға және оқытуға ғана емес, сонымен қатар оларды медицина саласында практикалық қолданысқа енгізуге бағытталған. Медициналық бейнелерге негізделген көз торының ауруларын диагностикалау жүйесін әзірлеу кезінде терең оқыту әдісін таңдау деректерді өңдеудің тиімділігі мен дәлдігін анықтайтын маңызды қадам болып табылады. Көз торының тамырларын сегменттеу тапсырмасы үшін UNet архитектуралары және оның вариациялары, соның ішінде AttentionUNet және SimpleUNet кескіндердегі анатомиялық құрылымдарды дәл алу қабілетіне байланысты таңдалды.

Медициналық бейнелерден көз торы ауруларын жіктеу тапсырмасы үшін MobileNetV3 және EfficientNetB3 архитектуралары таңдалды. Бұл архитектуралар есептеу тиімділігі мен болжау дәлдігін теңестіруге арналған, бұл оларды әсіресе медициналық диагностикалық қолданбалар үшін қолайлы етеді. Жүргізілген жұмыстар мен зерттеулер заманауи медицина мен ғылыми қоғамдастықтың дамуына, сондай-ақ көз торының ауруларымен ауыратын науқастардың өмір сүру сапасын жақсартуға, сонымен қатар медициналық қызметтердің сапасы мен қолжетімділігін арттыру жолындағы маңызды қадамға айналдырады.

Материалдар мен әдістер

Көз торының ауруларын терең оқыту моделдерін пайдалана отырып диагностикалау деректерді өңдеу мен талдаудың жаңа әдістерін ұсынатын сала болып табылады. Мұндай диагностиканың тиімділігі мен дәлдігі пайдаланылатын құралдар мен технологиялардың сапасына тікелей байланысты, бұл деректерді талдау процесін автоматтандыруға ғана емес, сонымен қатар патологияларды анықтауда жоғары дәлдікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

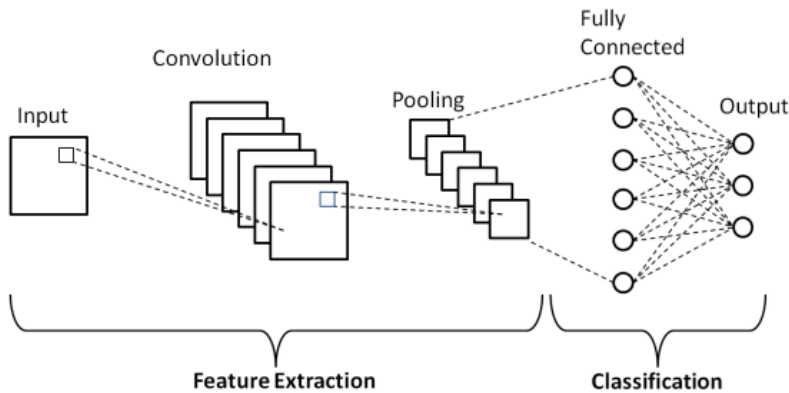
Диагностикалық жүйені әзірлеуге арналған технологиялар мен құралдар жинағын таңдау медициналық кескінді талдау мүмкіндіктерін де, медицина мамандары үшін де, науқастар үшін де жүйені пайдаланудың қарапайымдылығын анықтайтын негізгі қадам болып табылады.

Медициналық бейнелерді өңдеу және талдау – заманауи жасанды интеллект пен машиналық оқыту әдістері негізгі рөл атқаратын сала. Олардың көмегімен дәрігерлер кескінді талдау процесерін автоматтандырып, диагностикалық дәлдікті

арттырып, үкім шығаруға кететін уақытты қысқарта алады.

Конволюционды нейрондық желі (CNN) — кескіндерді өңдеуде және деректерді талдауда кеңінен қолданылатын жасанды нейрондық желі түрі, мұнда деректердің кеңістіктік құрылымы маңызды рөл атқарады. CNN кескіндер сияқты кеңістіктік құрылымы бар желілік деректерді тиімді өңдеуге арналған. Олар бірнеше қабаттардан тұрады, соның ішінде конволюционды қабаттар, біріктіру қабаттары және толық қосылған қабаттар. Әрбір деңгей кіріс деректерінен мүмкіндіктерді шығару үшін конволюция немесе біріктіру сияқты белгілі бір деректерді өңдеу әрекеттерін орындайды (Ronneberger, 2019).

CNN-де кескіндерден маңызды мүмкіндіктерді автоматты түрде алу мүмкіндігі бар, бұл оларды кескінді жіктеу, нысанды анықтау, семантикалық сегменттеу және басқалар сияқты компьютерлік көру тапсырмалары үшін өте тиімді етеді. 1-суретте визуалды деректерді талдау және жіктеу үшін кеңінен қолданылатын типтік конволюционды нейрондық желі (CNN) архитектурасы бейнеленген. Желі екі негізгі бөліктен тұрады: ерекшеліктерді шығару және классификация.

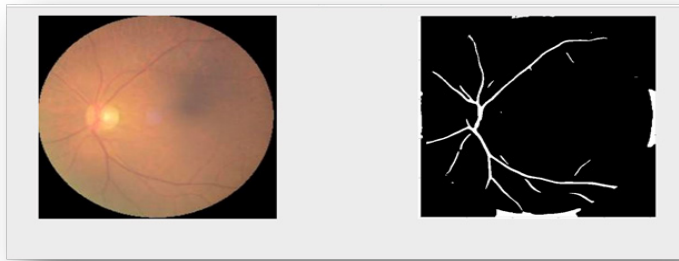


Сурет 1. CNN архитектурасы

Figure 1. Architecture of CNN

Сегменттеу принциптері. Кескінді сегменттеу анатомиялық құрылымдарды, патологиялық өзгерістерді және кейінгі талдау мен диагностика үшін басқа да маңызды аймақтарды дәл көрсету мүмкіндігін қамтамасыз ететін медициналық кескінді өңдеудің негізі болып табылады. Сегменттеудің негізгі принципі суреттегі әрбір пикселді оның сипаттамаларына, мысалы, контраст немесе текстураға қарай, бірдей немесе ұқсас қасиеттерге ие аймақтарды бөлектеу үшін жіктеу болып табылады. Бұл процесс шекті мәнге, кластерлеуге, аймақтың өсуіне, аймақтар арасындағы шекараларға немесе машиналық оқыту мен терең оқытуды қоса алғанда, күрделірек алгоритмдерге негізделуі мүмкін (Lim, 2021).

Сегменттеу мақсаты талдауды жеңілдету үшін кескіннің көрінісін жеңілдету және/немесе өзгерту болып табылады, 2-суретте мысалды көруге болады.



Сурет 2. Кескінді сегментациялау әдісі
Figure 2. Image segmentation method

Нәтижелер және талқылау

Контрастты күшейту. Бұл процесс анатомиялық құрылымдар мен патологиялық өзгерістерді жақсырақ көрсету үшін кескіннің жарықтығы мен контраст деңгейлерін өзгертуге бағытталған. Медициналық бейнелеуде контраст жиі әртүрлі факторларға байланысты шектеледі. Контрастты жақсарту негіздері кескіннің әртүрлі аймақтары арасындағы қарқындылық айырмашылығы ретінде анықталады, мысалын 2-суретте көруге болады.

Математикалық түрде екі аймақтың арасындағы C контрастын A және B олардың орташа қарқындылығымен және түрінде көрсетуге болады, 1-формулада бейнеленген:

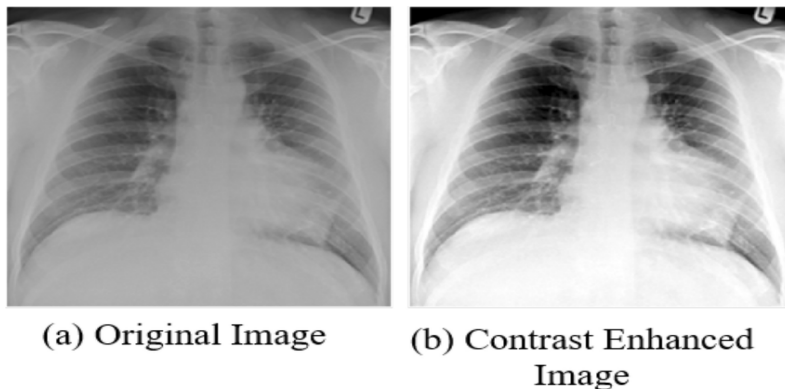
$$C = \frac{|I_A - I_B|}{I_A + I_B} \quad (1)$$

Контрастты жақсартудың мақсаты маңызды мәліметтер үшін C мәнін жоғарылатып, бақылаушыға көбірек көрінетін етіп кескіндегі пиксель қарқындылығының таралуын өзгерту болып табылады. Контрастты күшейту әдістері:

1 Сызықтық контрастты созу. Қарапайым әдістердің бірі - сызықтық контрастты созу, мұнда кескін қарқындылығы барлық қол жетімді қарқындылық ауқымын қамту үшін масштабталады. Бұл үшін кескіннің әрбір пикселіне сызықтық түрлендіруді 2-формула арқылы қол жеткізіледі:

$$I_{new} = a * I_{old} + b \quad (2)$$

мұндағы – бастапқы пиксель қарқындылығы – жаңа қарқындылық және және – кескін қарқындылығы гистограммасын созу үшін таңдалған коэффициенттер.



Сурет 3. Контрасты күшейту әдісі
Figure 3. Contrast enhancement method

2 Гистограмманы теңестіру. Гистограмманы теңестіру кол жетімді диапазон бойынша пиксель қарқындылығын біркелкі тарату арқылы контрасты жақсартады. Бұл әдіс кескіннің алынған гистограммасы біркелкі болатындай етіп пикселдердің қарқындылығын түрлендіруге негізделген.

Трансформация бастапқы кескіннің интенсивтік таралу 3-формуладағы функциясымен анықталады:

$$I_{new} = T(I_{old}) \quad (3)$$

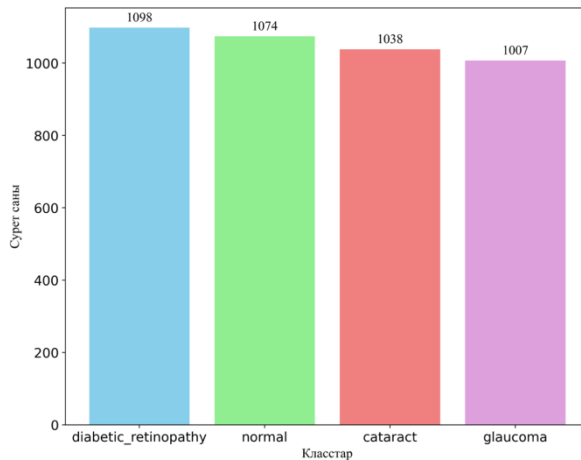
мұндағы T – мақсатты интенсивтілік диапазонына дейін азайтылған бастапқы кескіннің жинақталған қарқындылық таралу функциясы. Бұл әдіс гистограмманы теңестіруді кескіннің кішігірім, қабаттасатын аймақтарына қолдану арқылы өзгертіп, жергілікті контраст мүмкіндіктеріне бейімделуге мүмкіндік береді (Szegedy, 2019).

Классификация. Медициналық бейнелеудегі жіктеу — бұл патологиялар немесе сипаттамалар бойынша әртүрлі санаттарға жіктеу үшін медициналық зерттеулерден алынған кескіндерді автоматты түрде талдау үшін машиналық оқыту әдістерін, соның ішінде терең нейрондық желілерді пайдалану процесі. Бұл процесс деректерді дайындаудан басталады, мұнда кескіндер қосымша ақпаратпен толықтырылады және оқыту, тексеру және сынақ жинақтарына бөлінеді (Lee, 2020). Ақырында, сәтті оқытылған модел дәрігерлер мен зерттеушілерге медициналық деректерді тезірек және дәлірек диагностикалауға және талдауға көмектесетін жаңа медициналық кескіндерді жіктеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

Оқыту деректерін жүктеу және өңдеу. 4-суретте жүктелген деректер жиынтығын көре аламыз және бұл әртүрлі патологиялық және қалыпты көз жағдайларын көрсететін төрт негізгі санатқа бөлінген кескіндерді қамтитын деректер көлемі. Бұл деректер 3 ауру түрлері, оның ішінде глаукома, диабетикалық ретинопатия, катаракта және көздің қалыпты кезіндегі суреттер жинақталған.

Әр санат шамамен бірдей суреттермен ұсынылған мәліметтер жиынтығының тепе-теңдігі компьютерлік көру моделін оқыту үшін өте маңызды. Бұл қателіктерді азайтуға және моделдің жалпылау қабілетін арттыруға мүмкіндік береді, бұл

әсіресе жоғары дәлдік пен сенімділікті қажет ететін медициналық қосымшаларда маңызды. Мұндай «dataset» оқыту нақты клиникалық деректермен жұмыс істеуге және сайып келгенде офтальмологиялық аурулардың диагностикасы мен ем алуды жақсартуға қабілетті оқытылған моделді қамтамасыз ете алады.



Сурет 4. Оқыту үшін арналған деректер жиыны
Figure 4. Dataset for training

«Diabetic_retinopathy» санатында 1098 сурет бар және диабеттік ретинопатия жағдайын көрсетеді, бұл қандағы глюкозаның ұзақ уақыт жоғарылауынан туындаған ауру, бұл көздің торлы қабығының зақымдалуына әкеледі.

«Norma» санатына патология белгілері жоқ көздің қалыпты анатомиялық құрылымын көрсететін 1074 сурет кіреді. Бұл деректер моделді сау көздерді тануға үйрету үшін қажет, бұл патологиялық өзгерістерді сенімдірек көрсетуге мүмкіндік береді.

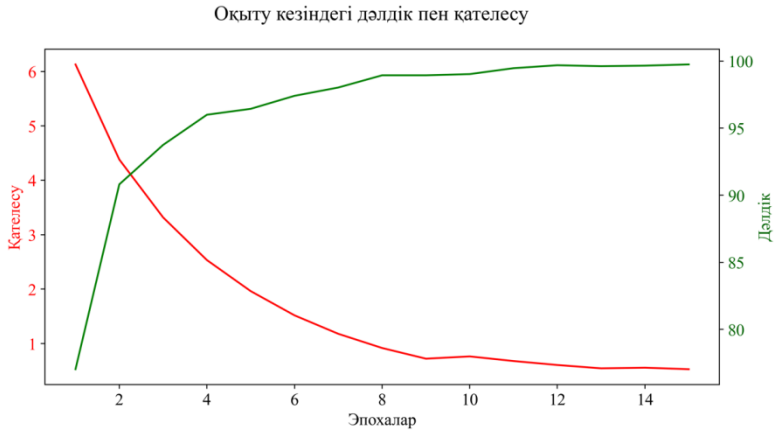
«Cataracta» класы катаракта жағдайын бейнелейтін 1038 суреттен тұрады-бұл линзаның бұлыңғырлығы, бұл бүкіл әлемде көру қабілетінің төмендеуі мен соқырлықтың негізгі себептерінің бірі.

«Glaucoma» класы глаукоманың әртүрлі кезеңдерін бейнелейтін 1007 кескінмен ұсынылған, бұл көру қабілетінің тұрақты жоғалуына әкелуі мүмкін ауыр ауру.

Классификация немесе жіктеу әдістері. Медициналық бейнелерден көз торы ауруларын жіктеу тапсырмасы үшін MobileNetV3 және EfficientNetV3 үлгілері таңдалды. Бұл архитектуралар есептеу тиімділігі мен болжау дәлдігін теңестіруге арналған, әсіресе медициналық диагностикалық қолданбалар үшін қолайлы етеді.

MobileNetV3. MobileNetV3 ресурсы шектеулі мобильді және ендірілген құрылғыларда жұмыс істеуге арналған конволюционды нейрондық желілердің соңғы буыны. Бұл архитектура кескінді жіктеу, нысанды анықтау және сегменттеу сияқты компьютерлік көрудің әртүрлі тапсырмаларында кеңінен қолданылады (Ratanasukon, 2021).

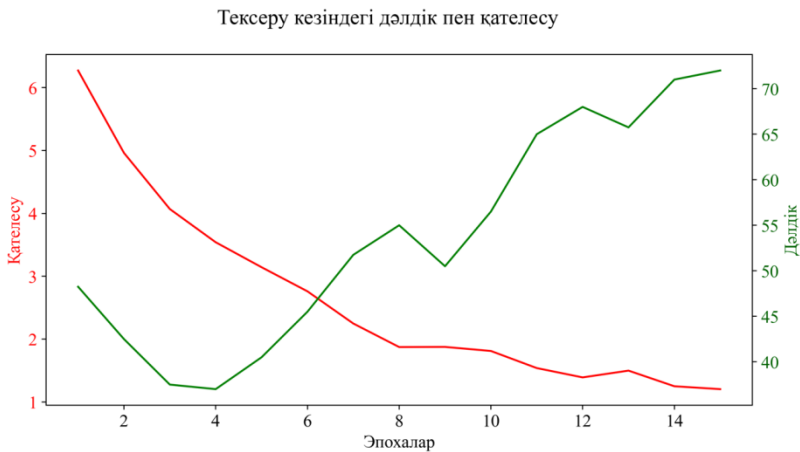
MobileNetV3 моделін оқыту. MobileNetV3 моделінің оқу процесі кезінде 5-суретте жаттығу диаграммасын көруге болады, оның негізінде жаттығу деректер жинағындағы жоғалту функциясының және дәлдіктің өзгеруін бағалауға болады.



Сурет 5. MobileNetV3 оқыту процесі
Figure 5. MobileNetV3 training process

Бастапқыда жоғалту функциясы 6,1291, ал дәлдік 77,03 % болды. Бұл тәжірибенің жеткіліксіздігінен модел әлі жоғары көрсеткіштерге қол жеткізбеген оқытудың бастапқы кезеңін көрсетеді. Дегенмен, эпохалар көбейген сайын нәтижелер де біртіндеп жақсарады. 15-ші эпохада жоғалту функциясы 0,5289-ға дейін төмендеді, ал дәлдік 99,75 % -ға дейін өсті. Бұл өзгерістер моделдің оқу деректері бойынша сәтті дайындалғанын және кескіндерді дәл жіктей алатынын көрсетеді.

MobileNetV3 моделінің валидациясы. 6-суретте валидация процесінің диаграммасы көрсетілген, ол әрбір эпохадағы валидация деректер жиынындағы үлгі болжамдарының нәтижелерін көрсетеді



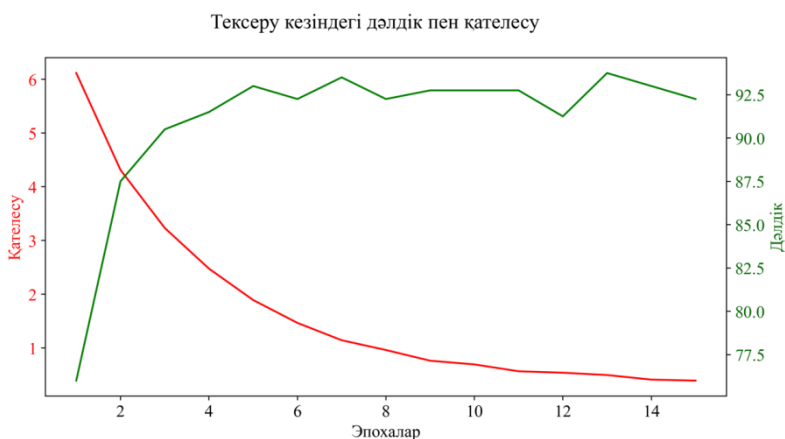
Сурет 6. MobileNetV3 валидация процесі
Figure 6. MobileNetV3 validation process

Бірінші эпохадан бастап модел валидация деректеріндегі дәлдік пен жоғалту функциясының өзгеруін көрсетеді. Дәлдіктің ең елеулі артуы 7–12-эпохалар арасында орын алды, онда дәлдік 51,75 %-дан 65,00 %-ға дейін өсті. Дегенмен, 13-эпохалар өнімділіктің шамалы нашарлауы байқалды, бұл моделдің шамадан тыс орнатылуын көрсетуі мүмкін. Дегенмен, соңғы эпохада валидация деректер

жинағындағы дәлдік өсуді жалғастырып, 15-ші эпохада 72,00 % мәнге жетті. Бұл нәтижелер MobileNetV3 моделінің жалпылау қабілетін растайды.

EfficientNetB3. EfficientNetB3 – «EfficientNet» деп аталатын желіні масштабтау тәсілін пайдаланып жасалған ең соңғы және инновациялық конволюционды нейрондық желілердің бірі. Өзінің негізінде EfficientNetB3 желісін масштабтау, оңтайлы гиперпараметрлерді автоматты іздеу және минималды есептеу ресурстарымен жоғары классификация дәлдігіне қол жеткізетін желіні құру үшін архитектураны оңтайландыру сияқты бірнеше негізгі ұғымдарды біріктіреді.

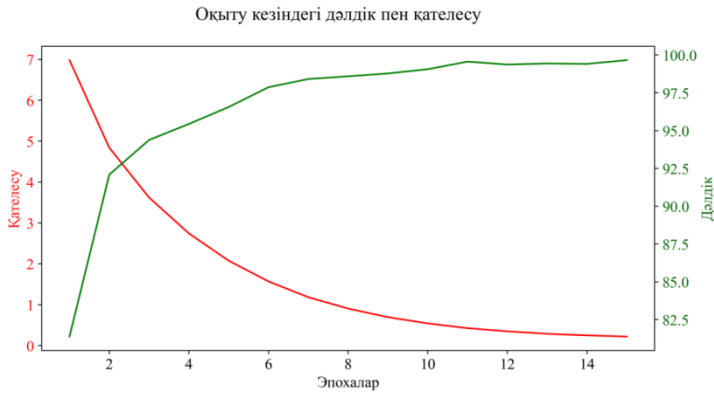
EfficientNetB3 моделін оқыту. EfficientNetB3 моделін инициализациялаудың бастапқы кезеңінде желінің бастапқы параметрлері мен салмақтары анықталады және оңтайландырушылар мен оқыту әдістері таңдалады. Бұл кезең моделді одан әрі оқытуда маңызды рөл атқарады, оның өнімділігі мен жалпылау қабілетіне әсер етеді. 7-сурет EfficientNetB3 үлгісінің оқыту процесін көрсетеді, ол жоғалту функциясының өзгерістерін және әрбір эпохада оқу деректер жинағындағы дәлдікті көрсетеді.



Сурет 7. EfficientNetB3 оқыту процесі
Figure 7. EfficientNetB3 training process

Бастапқыда жоғалту функциясы 6,9820, ал дәлдігі бірінші дәуірде 81,38 % болды. Дегенмен, дәуірлер көбейген сайын нәтижелер де біртіндеп жақсарады. Соңғы, он бесінші дәуірде жоғалту функциясы 0,2201-ге дейін төмендеді, ал дәлдік 99,66 % дейін өсті. Бұл сандық деректер моделдің оқу деректер жинағында сәтті оқытылғанын көрсетеді, бұл кескінді жоғары жіктеу мүмкіндігін көрсетеді.

EfficientNetB3 үлгісін тексеру. 8-суретте EfficientNetB3 моделінің валидация процесін және жоғалту функциясының өзгерістерін, әрбір дәуірдегі валидация деректер жиынындағы дәлдікті көрсетеді. Бірінші дәуірден бастап валидация деректер жинағындағы дәлдік біртіндеп артып, 13-ші дәуірде 93,75 % ең жоғары мәнге жетеді. Бұл сандық деректер модел оқу деректер жинағынан алынған білімді тиімді түрде жалпылайтынын және жаңа деректер бойынша кескіндерді жоғары дәлдікпен жіктеу мүмкіндігін көрсетеді.



Сурет 8. EfficientNetB3 валидация процесі
Figure 8. EfficientNetB3 validation process

Қорытындылай келе, MobileNetV3 және EfficientNetB3 моделдерінің оқу процестерін салыстырмалы талдау олардың өнімділігінде айтарлықтай айырмашылықтар бар деген қорытындыға әкеледі деп айта аламыз. Жаттығудың бірінші кезеңдерінде жоғары дәлдік көрсеткіштерінен және төмен жоғалту функциясынан бастап, EfficientNetB3 моделі MobileNetV3-пен салыстырғанда жіктеу дәлдігінде жақсы нәтижелерге қол жеткізеді. Сондықтан мақсатқа жету үшін біз ең жақсы өнімділікті көрсеткен моделді таңдадық. Бұл таңдау тек жоғары дәлдік көрсеткіштеріне ғана емес, сонымен қатар мобильді және ендірілген құрылғыларда компьютерлік көру мәселелерін шешудегі моделдің жалпы тиімділігіне байланысты.

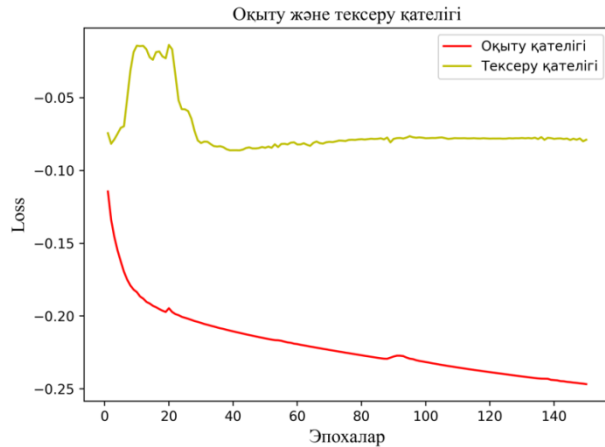
Сегменттеу әдістері. Біз қолданылған жоғары кеңейтілімдегі көз түбі (HRF – High-Resolution Fundus) деректер қоры, көз торы кескіндердегі тамырлы торды сегменттеу үшін арналған деректер жиынтығы болып келеді. HRF деректер жинағы 45 кескінді қамтитын және 15 ішкі жиынға ұйымдастырылған тордың тамыр сегментациясының деректер жинағы болып табылады. Әрбір жиынтықта сау көз түбінің бір суреті, диабеттік ретинопатиясы бар науқастың бір суреті және глаукоманың бір суреті, катарактаның бір суреті бар. Кескін өлшемдері 3304 x 2336, жаттығу/сынақ кескіні 22/23 бөлінді. Қазіргі уақытта деректер қорында әр санаттағы 15 сурет, сондай-ақ әр деректер жиынтығы үшін көру өрісін анықтайтын маскалар (FOV) бар.

Simple UNet. Бастапқы U-Net дизайны шектеулі деректер жиынтығымен жұмыс істеуге және суреттегі қызығушылық тудыратын нысандарды дәл көрсетуге арналған. U-Net-тің негізгі ерекшелігі-оның желінің әртүрлі қабаттарынан қажетті ақпаратты біріктіру қабілеті, бұл оқыту мысалдары жеткіліксіз болса да, сегменттеуде жоғары дәлдікке қол жеткізуге мүмкіндік береді. Simple UNet моделі архитектураның бастапқы қарапайым іске асырылу моделі болып табылады (Cheung, 2020).

Simple UNet моделін оқыту. Бұл тұрғыда көз түбінің суреттерінде торлы тамырларды сегменттеуге арналған моделді оқыту қиын міндет болып табылады, өйткені ол тамырлар құрылымының бөлшектеріне жоғары дәлдік пен сезімталдықты қажет етеді.

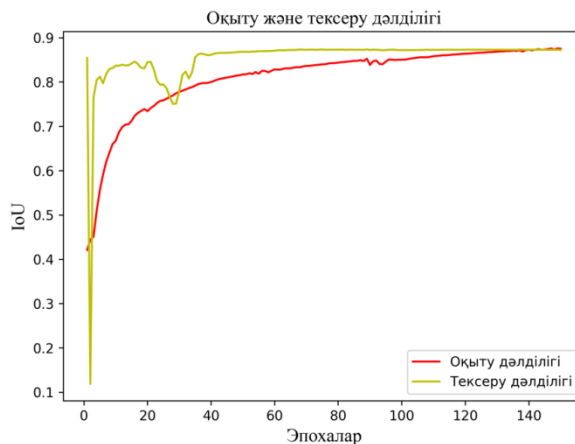
9-суретте моделді оқыту кезінде жоғалту диаграммасы көрсетілген. Гра-

фиктен оқудың басында жоғалту функциясы тез төмендейтінін көруге болады, бұл моделдің өнімділігінің тез жақсарғанын көрсетеді. Бірінші эпохадағы -0.1144 - тен бастап, ал шығындар функциясы 150-ші эпохаға дейін -0.2467 -ге жетеді, бұл оқу процесінде моделдің сегменттеу қабілетінің едәуір тереңдеуін көрсетеді. Валидация қисығы (сары сызық) жоғары жоғалту мәнінен басталады және де төмендейді, бірақ біраз жақсартудан кейін белгілі бір мәннің айналасында ауытқиды, бұл оқу кезінде қайта даярлауды немесе тұрақсыздықты көрсетеді.



Сурет 9. SimpleUNet Loss немесе қателесу диаграммасы
Figure 9. SimpleUNet Loss or error diagram

Жоғалту функциясынан басқа, моделдің дәлдігі (ассигасу) уақыт өте келе жақсарады. 10-суретте моделді оқыту дәлдігінің динамикасы көрсетілген. Бастапқыда дәлдік 0.4213 құрайды, бұл салыстырмалы түрде төмен мән, бірақ эпохалардан өткен сайын дәлдік артып, 150-ші эпохаға қарай 0.8753 -ке жетеді. Бірақ, бастапқыда күрт төмендеген тексеру дәлдігін көріп, медициналық бейнелер үшін тұрақтылықтың маңыздылығын еске ала отырып, моделге байланысты сенімсіздіктер туындайды.



Сурет 10. SimpleUNet Accuracy немесе дәлдік диаграммасы
Figure 10. SimpleUNet Accuracy diagram

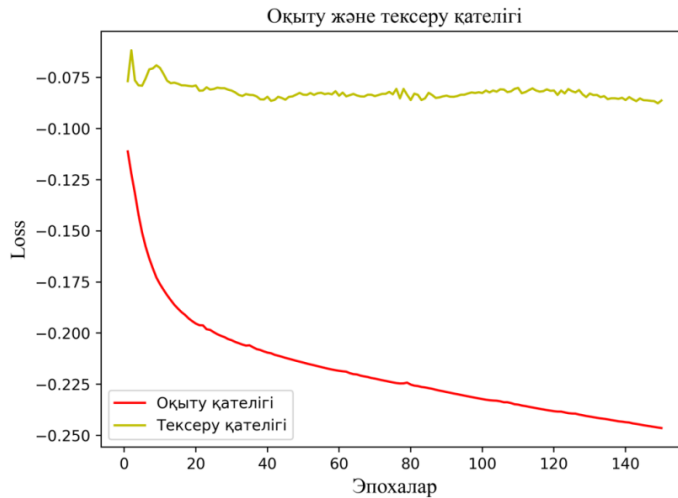
Сегменттеу тапсырмаларының негізгі көрсеткіші болып табылатын қиылысу және біріктіру коэффициенті (IoU) да жақсаруда. IoU басталған кезде коэффициент 0.1144 құрайды, бұл сегменттеудің төмен дәлдігін білдіреді. Алайда, оқытудың соңында ол 0.2467 мәніне жетеді, бұл моделді сегменттеу сапасының айтарлықтай жақсарғанын көрсетеді.

Оқу процесі кездейсоқ мәндермен модел салмақтарының инициализациялаудан, басқаша айтқанда жарияланудан басталады. Содан кейін деректер тамырлы сегментация туралы болжам жасайтын моделдің кірісіне беріледі. Нәтижелер шынайы белгілермен салыстырылады және олардың арасындағы айырмашылыққа сүйене отырып, модел өзінің параметрлерін градиентті түсіру арқылы реттейді. Оқу процесінде қайта даярлауды немесе оқымауды болдырмау үшін оқу жылдамдығы мен регуляризация коэффициенттері сияқты модел параметрлерін мұқият бақылау қажет. Бұл жағдайда оқу процесі 150 эпоха бойы жалғасады, олардың әрқайсысында модел бүкіл деректер жиынтығынан өтеді.

Модел оқытылған сайын оның торлы тамырлы желіні сегменттеу қабілеті жақсарады, бұл жоғалту функциясының төмендеуінен де, болжамдардың дәлдігін арттырудан да көрінеді.

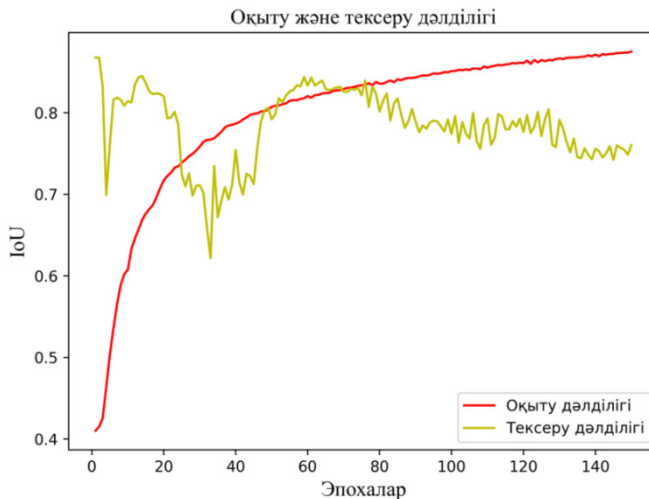
Attention UNet. Attention UNet архитектурасы классикалық UNet-тің айтарлықтай жақсаруын білдіреді, соның ішінде моделге сегменттеу үшін кескіннің тиісті аймақтарына дәлірек назар аударуға мүмкіндік беретін назар аудару механизмдері. Медициналық бейнелеу және торлы тамырларды сегментациялауда Attention UNet маңызды емес фондық аймақтарды басу арқылы торлы қабық құрылымдарын жақсырақ оқшаулауды қамтамасыз ететін жоғары тиімділікті көрсетеді. Attention UNet ісіктердің шекараларын анықтау, тамырлардың өзгеруін бақылау немесе жұқа құрылымдарды ажырату сияқты жоғары локализация дәлдігін қажет ететін тапсырмалар үшін жақсы жұмыс істейді (Roy, 2021).

Attention UNet. Екінші моделді Attention Unet арқылы оқытуды қарастырамыз. 11-суретте оқу кезінде моделдің жоғалуы көрсетілген. Шығын функциясының бастапқы мәні -0.1112, бұл модел болжамдары мен шынайы белгілер арасындағы айтарлықтай сәйкессіздікті көрсетеді. Алайда, жаттығу кезінде біз жоғалту функциясының біртіндеп төмендеуін байқаймыз, 150-ші эпохада -0.2464-ке жеткенің көре аламыз. Бұл модел әр эпохада болжамды және нақты деректер арасындағы айырмашылықты азайта отырып, сегменттеу тапсырмасын жақсырақ орындайтынын көрсетеді.



Сурет 11. AttentionUNet Loss немесе қателесу диаграммасы
Figure 11. AttentionUNet Loss or error diagram

12-суретте көрсетілген моделдің дәлдігі де оң динамиканы көрсетеді. Бастапқы дәлдік 0.4102 мәнінен тұрақты өсуді көреміз, бұл моделдің кескін пикселдерін дұрыс жіктеу қабілетінің артып келе жатқанын көрсетеді. Оқытудың соңында модел 0.8752 дәлдігіне жетеді, бұл оның торлы тамырларды танудағы тиімділігін көрсетеді.



Сурет 12. AttentionUNet Accuracy немесе дәлдік диаграммасы
Figure 12. AttentionUNet Accuracy diagram

IoU коэффициенті сонымен қатар 0.1112-ден бастап 0.2464 белгісімен аяқталатын модел өнімділігінің жақсарғанын растайды. Нәтиже болжанған сегменттелген аймақтардың шынайы аймақтарға ұқсайтынын көрсетеді, бұл медициналық сегменттеу міндеттерінде маңызды. Оқу жиынтығындағы дәлдік қисығы (қызыл сызық) да тез өсіп, SimpleUnet-пен салыстырғанда жоғары деңгейге

жетеді, бұл моделдің жақсы оқуын көрсетуі мүмкін. Валидация жиынтығындағы дәлдік қисығы (сары сызық) оқу жиынтығымен салыстырмалы түрде жоғарылайды және айтарлықтай тербеліссіз тұрақты болып қалады. Жоғалту функциясының тұрақты төмендеуі және барлық эпохалардағы дәлдік пен IoU коэффициенттерінің өсуі моделді сәтті оқытуды және оның практикалық тәжірибеде одан әрі қолдану әлеуетін көрсетеді.

Қорытынды. SimpleUNet және AttentionUNet моделдерінің оқу процестерін салыстырмалы талдау олардың нәтижелеріндегі айырмашылықтардың кейінгі нәтижеге әсер ететіндігін назарға ала отырып, медициналық бейнелер үшін тұрақтылықтың маңызын атап өткен дұрыс. SimpleUNet және AttentionUNet үшін жоғалту (қателесу) мен дәлдік кестелерін салыстыру кезінде AttentionUNet жақсы нәтиже берді. Бұл дәлдік графиктеріндегі тұрақты және жоғары мәндерден, жоғалту графиктеріндегі тегіс және төмен мәндерден көрінеді. Жоғалту (қателесу) кестесінде AttentionUNet оқу процесінде де, валидацияда да жоғалтулардың біркелкі және тұрақты төмендеуін көрсетеді. Бұл модел тек оқу деректеріне жақсы бейімделіп қана қоймай, сонымен қатар бұрын көрмеген деректерде – валидация жиынтығында тиімді түрде жинақталатынын көрсетеді. Керісінше, SimpleUnet жоғалту кестелері тексеру қисығында үлкен ауытқуларды көрсетеді, бұл қайта оқытудың белгісі болуы мүмкін. Берілген графиктерді талдауға сүйене отырып, AttentionUNet тұрақты оқу қабілеті мен жоғары дәлдігінің арқасында таңдаулы модел болып табылады.

Нәтижелер

Терең оқытудың озық әдістері медицина мамандарына ерте диагностика мен емдеуді тиімді жоспарлаудың қуатты құралын ұсынады. Көз торын талдауды автоматтандыру ауруларды анықтауға кететін уақытты айтарлықтай қысқартады және диагностикалық қорытындылардың дәлдігін жақсартады, бұл өз кезегінде емдеу сапасы мен науқастардың әл-ауқатын жақсартуға көмектеседі. Ұсынылған 13-суретте жасанды интеллект әдістерін қолдана отырып, офтальмологиялық кескіндерді талдауға арналған медициналық диагностикалық бағдарламалық жасақтаманың қолданушы интерфейсі көрсетілген, бұл қосымшаға мақала да көрсетілген зерттеулер кірістірілген. Суретте көздің торлы қабығының түрлі-түсті «Көз торының суреті» көрсетіледі, бұл көз түбінің күйін бағалаудың стандартты әдісі. Оң жақта алгоритмдік сегментация нәтижесінде алынған сурет бар, ол торлы қабықтың тамырлы үлгісінің қарама-қарсы ақ-қара көрінісін көрсетеді.



Сурет 13. Симптоматика бөліміндегі көз торының талдау нәтижесі
Figure 13. The result of retinal analysis in the symptomatology department

Сегменттелген кескінді талдай отырып, тамырлардың калибрі, олардың тармақталуы, сондай-ақ белгілі бір патологияларға тән қалыптан тыс өзгерістердің болуы сияқты тамырлардың құрылымдық ерекшеліктерін анықтауға болады. Мысалы, қан тамырларының калибрі мен қысымының өзгеруі диабеттік ретинопатия сияқты жағдайларға байланысты микроциркуляцияның бұзылуын көрсетуі мүмкін.

Суреттердің астында диагностикалық қорытынды бар, бұл жағдайда диагноз қою ықтималдығы 76.8 % болатын «диабеттік ретинопатияны» көрсетеді. Бұл терең оқыту алгоритмдері, соның ішінде классификация үшін EfficientNetB3 және сегменттеу үшін AttentionUNet ұсынылған торлы қабық деректерін талдап, диабеттік ретинопатияға сәйкес келетін оқу мысалдарымен сурет үлгілерінің ұқсастығын тапты. Көз торының ауруларына арналған диагностикалық бағдарламалық жасақтама — бұл офтальмологтардың диагностикалық мүмкіндіктерін едәуір арттыра алатын құрал. EfficientNetb3 және AttentionUNet сияқты терең оқыту моделдерін көздің торлы қабығының суреттерін талдауда қолдану ауруларды классификация мен сегментациялауда жоғары дәлдікті қамтамасыз етеді, аурулардың дамуын ерте анықтау және болдырмау үшін қажетті құрал.

Қорытынды

Бұл жұмыс барысында медициналық бейнелерге сүйене отырып, көз торының ауруларын диагностикалауда терең оқыту саласына мұқият талдау жүргізілді. Медициналық суреттерге негізделген көз торының ауруларын диагностикалау саласындағы зерттеу бірнеше негізгі қадамдарды қамтитын кешенді тәсіл болып табылады. Жіктеуге арналған EfficientNetB3 және сегменттеуге арналған AttentionUNet алгоритмдерін қоса, терең оқыту әдістерінің тиімділігі олардың катаракта, диабеттік ретинопатия және глаукома сияқты әртүрлі патологияларды дәл анықтау, жіктеу және көздің қалыпты жағдайын анықтау қабілетімен расталды.

Бастапқыда, медициналық деректердің ерекшеліктеріне және диагностикалық тапсырманың талаптарына бейімделетін дайын архитектуралары бар терең оқыту моделдерін әзірлеу мен оңтайландыру жүргізілді. Бұл желі

архитектурасын таңдауды және медициналық бейнелерде моделдерді оқытуды қамтиды.

Әрі қарай, терең оқытудың дамыған моделдерін қолдана отырып, медициналық суреттерге талдау жасалды. Бұл кезеңде суреттердегі көз торының патологиялары мен сау аймақтарының ерекшеліктері зерттелді, сонымен қатар дәл диагноз қою үшін қажетті негізгі белгілер анықталды.

Терең оқыту моделдері нәтижелердің жоғары дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз ете отырып, патологияларды автоматты түрде анықтау мен жіктеуде шешуші рөл атқарды. Өзірленген моделдердің тиімділігін бағалау үшін салыстырмалы талдау жүргізілді. Бұл көз торының ауруларын диагностикалаудың әртүрлі тәсілдерінің артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтауға, ең тиімді моделдер мен әдістерді қолдануға мүмкіндік берді.

Жұмыс барысында жасалған зерттеулерді арнайы диагностикалық қосымшаға кірістіру арқылы медициналық тәжірибеге сәтті енгізілді. Өзірленген қосымша дәрігерлерге торлы қабық ауруларын дәлірек және жедел диагностикалауға мүмкіндік береді. Осылайша, терең оқытудың озық технологияларын медициналық тәжірибеге біріктіру емдеу сапасы мен науқастардың өмірін жақсартуға ықпал ете отырып, офтальмологиядағы диагностикалық мүмкіндіктерді жақсартудағы маңызды қадам болып табылады.

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландыруы бойынша, грант № AP19677451

REFERENCES

Cheung C.Y., Ting D.S.W., Tan G.S.W., Wong T.Y. (2020). Diabetic retinopathy: global prevalence, major risk factors, screening practices and public health challenges: a review. *Clinical & Experimental Ophthalmology*. — 47(4). — 536–547. — DOI: 10.1111/ceo.13703.

High-Resolution Fundus (HRF) Image Database // [Электрондық қор] // —URL: <https://www5.cs.fau.de/research/data/fundus-images/index.html>.

Lim G., Park J. & Kim S.W. (2021). Deep Learning-Based Method for Detecting Diabetic Retinopathy. — *Electronics*, — 10(17). — 2137. — DOI: 10.3390/electronics10172137.

Lee A.Y., Lee C.S., Butt T. & Tufail A. (2020). Use of Deep Learning for Detailed Severity Characterization and Estimation of 5-Year Risk among Patients with Diabetic Retinopathy. *JAMA Ophthalmology*. — 138(5). — 471–478. — DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2020.0174.

Vengalil, Sunil Kumar, Neelam Sinha, Srinivas Kruthiventi, and R. Babu (2019). «Customizing CNNs for blood vessel segmentation from fundus images.» In *Proceedings of the International Conference on Signal Processing and Communications (SPCOM)*. — Pp. 1–4, 2019. — DOI: 10.1109/SPCOM.2019.7746702.

Ratanasukon, M., Chotcomwongse, P., & Pratheepwatanawong, S. (2021). Retinal Vessel Segmentation in Diabetic Retinopathy Screening with CNN-Based Approaches: A Review. *Diagnostics*. — 11(6). — 1013. — DOI: 10.3390/diagnostics11061013.

Ronneberger O., Fischer P., Brox T. (2019). U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention. — Springer (2019). — Pp. 234–241.

Roy A., Menegaz G. & Juarez B. (2021). Evaluation of Machine Learning and Deep Learning Models for the Detection of Diabetic Retinopathy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. — 18(15). — 7862. — DOI: 10.3390/ijerph18157862.

Szegedy, Christian, Vincent Vanhoucke, Sergey Ioffe, Jonathon Shlens, and Zbigniew Wojna (2019). «Rethinking the inception architecture for computer vision.» In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. — Pp. 2818–2826. — 2019.

МАЗМҰНЫ

Н. Абдразақұлы, Л. Черикбаева, Н. Мұқажанов, Ж. Алибиева АНСАМБЛЬДІК ТӘСІЛ НЕГІЗІНДЕ КЕСКІНДІ ӨНДЕУДІҢ ТИІМДІ АЛГОРИТМІН ҚҰРУ.....	7
Б.Т Абыканова, А.А. Таугенбаева, А.Г. Амангосова, Г.Т. Бекова, А.Ж. Ақматбекова ӨЗДІГІНЕН БІЛІМ АЛУШЫЛАРДЫ ЖЕТІЛДІРУ МЕН ДАМУДАҒЫ ИНТЕРАКТИВТІ БІЛІМ БЕРУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ.....	30
Ж.Ж. Ажибекова, Д.И. Усипбекова, Б.Н. Джаханова, К. Жыланбаева, Ә.Н. Тұрсун МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІМЕН ҒАРЫШТЫҚ КЕСКІНДЕРДЕН БҰЛТТАР МЕН ТҰМАНДЫҚТАРДЫ ЖОЮ.....	43
М. Айтимов, Г.Б. Абдикеримова, К.К. Макулов, Б.А. Досжанов, Р.У. Альменаева МАШИНАЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕРЕҢ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІ АРҚЫЛЫ МӘТІННІҢ ЭМОЦИОНАЛДЫҚ ЖАҒДАЙЫН ЗЕРТТЕУ.....	57
А.Т. Ақынбекова, А.А. Муханова, Salah Al-Majeed, Г.С. Алтаева АЙМАҚТЫ ДАМУДАҒЫ ӨЛЕУМЕТТІК ПРОЦЕСТЕРІН БАҒАЛАУ ҮШІН ШЕШІМДЕР ҚАБЫЛДАУДЫҢ БҰЛДЫР МОДЕЛЬДЕРІ.....	69
К.М. Алдабергенова, А.Б. Касекеева, М.Ж. Айтимов, К.К. Дауренбеков, Т.Н. Есикова АГРОӨНЕРКӘСІП КЕШЕНІНІҢ ЛОГИСТИКАСЫНЫҢ МАРКЕТИНГТІК БАСҚАРУЫН ЖЕТІЛДІРУ.....	85
А.Е. Әбжанова, А.А. Быков, С.К. Сағнаева, Е.Ә. Әбжанов, Д.И. Суржик ЖЕР АСТЫ ЖЕР АСТЫ СУЛАРЫН ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, ТОПЫРАҚТЫ МОДЕЛЬДЕУДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....	96
А.М. Бисенғалиева, А.У. Исембаева, Т.К. Душаева, Н.М. Алмабаева, Г.О. Ильясова СЕМАНТИКАЛЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУ АРҚЫЛЫ КІЛТ СӨЗДЕРДІ ҚАМТУ.....	108
А.Х. Давлетова, Н.Н. Оразова, Ж.Б. Сайлау, Д.Н. Қурманғалиева, Г.Л. Абдугалимов БАСТАУЫШ СЫНЫП ОҚУШЫЛАРЫН ХАЛЫҚАРАЛЫҚ PIRLS ЗЕРТТЕУІНЕ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР АРҚЫЛЫ ДАЯРЛАУ ЖОЛДАРЫ.....	120
Г. Есмагамбетова, А. Кубигенова, А. Ақтаева, И. Цэрэн-Онолт, М. Есмагамбет КВАНТТЫҚ ЕСЕПТЕУЛЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН БИОМЕТРИЯЛЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ ҚОРҒАУ ӘДІСТЕРІ.....	137
Г.Қ. Ешмұрат, Л.С. Қанбаева, МАТЕМАТИКАЛЫҚ ҮРЕЙ ЖӘНЕ ОНЫҢ БОЛАШАҚ МАТЕМАТИКА ПӘНІ МҰҒАЛІМДЕРІНІҢ МАНСАБЫНА ӨСЕРІ.....	149
Т.К. Жуқабаева, В.А. Десницкий, Е.М. Марденюв СЫМСЫЗ СЕНСОРЛЫҚ ЖЕЛІЛЕРДЕГІ ДЕРЕКТЕРДІ ЖИНАУ, ӨНДЕУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ ӘДІСТ ЕМЕСІ.....	163
А.М. Джумағалиева, А.Ә. Шекербек, Ж.Ж. Хамитова, М. Свобода, С.А. Қалдар АДАПТИВТІ АНОМАЛИЯНЫ АНЫҚТАУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ КИБЕРҚАУІПСІЗДІГІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АРҚЫЛЫ АРТТЫРУ.....	177

А.А. Исмаилова, Г.Е. Мырзабекова, М.Ж. Базарова, Г.Ж. Нурова, Г.Т. Азиева ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ҚАРЖЫ НАРЫҒЫНДАҒЫ БАҒАЛАРДЫ БОЛЖАУ.....	190
К. Кошанова, Сапарбайқызы, К.Е. Жангазакова, А.С. Сағынбай, Э. Куриэль-Марин STEM-ДЕ БІЛІМ БЕРУ ӘЛЕУЕТІН БАРЫНША ПАЙДАЛАНУ: ОҚУ НӘТИЖЕЛЕРІН ЖАҚСARTУҒА ҮЛЕС, ҚИЫНДЫҚТАР ЖӘНЕ СТРАТЕГИЯЛАР.....	205
А.А. Мұханова, С.К. Кожукаева, Л.Г. Рзаева, Ж.Е. Доумчариева, У.Т. Махажанова МЕДИЦИНАЛЫҚ БЕЙНЕЛЕР НЕГІЗІНДЕ КӨЗ ТОРЫНЫҢ АУРУЛАРЫН ДИАГНОСТИКАЛАУ ҮШІН ТЕРЕҢ ОҚЫТУ МОДЕЛЬДЕРІН ҚОЛДАНУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ..	218
Ә.Ж. Омуртаева, У.Т. Махажанова, М.А. Кантуреева, Г. Ускенбаева, Т.Н. Есикова БІЛІМ БЕРУ НЕГІЗІНДЕ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ КӘСІПОРЫНДАРЫНЫҢ ИНВЕСТИЦИЯЛЫҚ ТАРТЫМДЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ ӘДІСТЕМЕСІ.....	235
А.Р. Оразаева, Д.А. Тусупов, В. Войчик, А.К. Шайханова, Г.Б. Бекешова МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІМЕН СҮТ БЕЗІ ПАТОЛОГИЯСЫН ТИІМДІ АНЫҚТАУ...	246
Б.Б. Оразбаев, Б.У. Асанова, Ж.Ж. Молдашева, Ж.Е. Шангитова АЙҚЫНСЫЗДЫҚТА КОКСТЕУ РЕАКТОРЛАРЫНЫҢ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН КӨПКРИТЕРИЙЛІК ОПТИМИЗАЦИЯЛАУ ЕСЕБІНІҢ ҚОЙЫЛЫМЫ МЕН ОНЫ ШЕШУ ЭВРИСТИКАЛЫҚ ТӘСІЛІ.....	258
Г.А. Салтанова, К.Б. Багитова, Г.А. Дашева, М.Е. Шангитова, Э.Г. Гайсина УНИВЕРСИТЕТ КІТАПХАНАСЫНЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІН ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЕНГІЗУ: АҚПАРАТТЫҚ РЕСУРСТАРДЫ БАСҚАРУДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ПАЙДАЛАНУШЫЛАРҒА ТИІМДІ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ.....	269
Л.Т. Салыбек, К.Н. Оразбаева, В.Е. Махатова, Л.Т. Қурмангазиева, Б.Е. Утенова МҰНАЙДЫ АЛҒАШҚЫ ӨНДЕУ ҚОНДЫРҒЫСЫ АТМОСФЕРАЛЫҚ БЛОГЫНЫҢ МОДЕЛЬДЕРІН ТҮРЛІ СИПАТТАҒЫ ҚОЛЖЕТІМДІ АҚПАРАТ НЕГІЗІНДЕ ҚҰРУ.....	285
А. Сейтенов, Т. Жукабаева, С. Ал-Маджид ЭЛЕКТРОНДЫҚ МЕДИЦИНАЛЫҚ ТӨЛҚҰЖАТЫ МЕН ТЕЛЕМЕДИЦИНА АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІНІҢ МОДЕЛІН ЖОБАЛАУ.....	297
Г.Б. Турмуханова, А.А. Таутенбаева, Г.Т. Бекова, С.Б. Нугуманов, Я. Култан ӘЛЕУМЕТТІК МЕДИА ҚАУЫМДАСТЫҚТАРЫНДАҒЫ ӨЗАРА ІС-ҚИМЫЛ АРҚЫЛЫ УНИВЕРСИТЕТ СТУДЕНТТЕРІНІҢ ЖҰМСАҚ ДАҒДЫЛАРЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ.....	310
А.С. Тынықұлова, А.В. Фаддеев, А.А. Мұханова, А.У. Искалиева, Д.Б. Абулкасова БЕЛГІСІЗДІК ЖАҒДАЙЫНДА ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАСҚАРУДЫ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ОҢТАЙЛАНДЫРУ: ЗАМАНАУИ ӘДІСТЕР МЕН ТЕХНОЛОГИЯЛАР.....	325
Ж.Р. Умарова, Г.Ж. Ельбергенава, Н.С. Жуматаев, А.Х. Махатова, С.Б. Ботаева МЕЗОСКОПИЯ ДЕҢГЕЙІНДЕГІ МОЛЕКУЛАЛЫҚ ЕЛЕКТЕРДЕГІ ЗАТ ТАСЫМАЛУЫН ЕСЕПТЕУ АЛГОРИТМІНІҢ ЗИЯЛДЫ ТАЛДАУЫ.....	336

СОДЕРЖАНИЕ

Н. Абдразакулы, Л. Черикбаева, Н. Мукажанов, Ж. Алибиева СОЗДАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНСАМБЛЕВОГО ПОДХОДА.....	7
Б.Т. Абыканова, А.А. Таугенбаева, А.Г. Амангосова, Г.Т. Бекова, А.Ж. Акматбекова ИНТЕРАКТИВНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ И РАЗВИТИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	30
Ж.Ж. Ажибекова, Д.И. Усипбекова, Б.Н. Джаханова, К. Жыланбаева, Ә.Н. Түрсун УДАЛЕНИЯ ОБЛАКОВ И ТУМАННОСТЕЙ С КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	43
М. Айтимов, Г.Б. Абдикеримова, К.К. Макулов, Б.А. Досжанов, Р.У. Альменаева ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ТОНАЛЬНОСТИ ТЕКСТА С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО И ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ.....	57
А.Т. Акынбекова, А.А. Муханова, Salah Al-Majeed, Г.С. Алтаева НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА.....	69
К.М. Алдабергенова, А.Б. Касекеева, М.Ж. Айтимов, К.К. Дауренбеков, Т.Н. Есикова СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАРКЕТИНГОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИКОЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА.....	85
А.Е. Абжанова, А.А. Быков, С.К. Сагнаева, Е.А. Абжанов, Д.И. Суржик ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРУНТА С УЧЕТОМ ПОДЗЕМНЫХ ГРУНТОВЫХ ВОД.....	96
А.М. Бисенгалиева, А.У. Исембаева, Т.К. Душаева, Н.М. Алмабаева, Г.О. Ильясова ОХВАТ КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ.....	108
А.Х. Давлетова, Н.Н. Оразова, Ж.Б. Сайлау, Д.Н. Курмангалиева, Г.Л. Абдугалимов ПУТИ ПОДГОТОВКИ УЧАЩИХСЯ НАЧАЛЬНЫХ КЛАССОВ К МЕЖДУНАРОДНОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ PIRLS С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	120
Г. Есмагамбетова, А. Кубигенова, А. Актаева, И. Цэрэн-Онолт, М. Есмагамбет МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ.....	137
Г.К. Ешмурат, Л.С. Каинбаева МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТРЕВОЖНОСТЬ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА КАРЬЕРУ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ МАТЕМАТИКИ.....	149
Т.К. Жукабаева, В.А. Десницкий, Е.М. Марденов МЕТОДИКА СБОРА, ПРЕДОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ.....	163
А.М. Джумагалиева, А.А. Шекербек, Ж.Ж. Хамитова, М. Свобода, С.А. Калдар ПОВЫШЕНИЕ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ С ПОМОЩЬЮ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ ПОСРЕДСТВОМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	177
А.А. Исмаилова, Г.Е. Мырзабекова, М.Ж. Базарова, Г.Ж. Нурова, Г.Т. Азиева ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЦЕН НА ФОНДОВОМ РЫНКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ	

ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ.....	190
К. Кошанова, Ш. Сапарбайқызы, К.Е. Жангазакова, А.С. Сагынбай, Э. Куриэль-Марин	
МАКСИМАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ОБРАЗОВАНИЯ В STEM: ВКЛАД, ПРОБЛЕМЫ И СТРАТЕГИИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ.....	205
А.А. Муханова, С.К. Кожукаева, Л.Г. Рзаева, Ж.Е. Доумчариева, У.Т. Махажанова	
ПРИМЕНЕНИЕ И АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕТЧАТКИ ГЛАЗА НА ОСНОВЕ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....	218
Ә.Ж. Омуртаева, У.Т. Махажанова, М.А. Кантуреева, Г. Ускенбаева, Т.Н. Есикова	
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ...235	
А.Р. Оразаева, Д.А. Тусупов, В. Войчик, А.К. Шайханова, Г.Б. Бекешова	
ЭФФЕКТИВНОЕ ВЫЯВЛЕНИЕ ПАТОЛОГИИ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	246
Б.Б. Оразбаев, Б.У. Асанова, Ж.Ж. Молдашева, Ж.Е. Шангитова	
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОКСОВЫХ РЕАКТОРОВ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕТКОСТИ И ЭВРИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ЕЕ РЕШЕНИЯ.....	258
Г.А. Салтанова, К.Б. Багитова, Г.А. Дашева, М.Е. Шангитова, Э.Г. Гайсина	
РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УНИВЕРСИТЕТСКОЙ БИБЛИОТЕКИ: ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ РЕСУРСАМИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ.....	269
Л.Т. Салыбек, К.Н. Оразбаева, В.Е. Махатова, Л.Т. Курмангазиева, Б.Е. Утенова	
РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ АТМОСФЕРНОГО БЛОКА УСТАНОВКИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ НА ОСНОВЕ ДОСТУПНОЙ ИНФОРМАЦИИ РАЗЛИЧНОГО ХАРАКТЕРА	285
А. Сейтенов, Т. Жукабаева, С. Ал-Маджид	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ С ЭЛЕКТРОННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ КАРТОЙ.....	297
Г.Б. Турмуханова, А.А. Таутенбаева, Г.Т. Бекова, С.Б. Нугуманов, Я. Култан	
ФОРМИРОВАНИЕ МЯГКИХ НАВЫКОВ СТУДЕНТОВ УНИВЕРСИТЕТА ПОСРЕДСТВОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СООБЩЕСТВАХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ.....	310
А.С. Тыныкулова, А.В. Фаддеенков, А.А. Муханова, А.У. Искалиева, А.Б. Абулкасова	
АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ.....	325
Ж.Р. Умарова, Г.Ж. Ельбергенова, Н.С. Жуматаев, А.Х. Махатова, С.Б. Ботаева	
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ПЕРЕНОСА ВЕЩЕСТВА В МОЛЕКУЛЯРНЫХ СИТАХ НА МЕЗОСКОПИЧЕСКОМ УРОВНЕ.....	336

CONTENTS

N. Abdrazakuly, L. Cherikbayeva, N. Mukazhanov, Zh. Alibiyeva CREATING AN EFFECTIVE IMAGE PROCESSING ALGORITHM BASED ON AN ENSEMBLE APPROACH.....	7
B.T. Abykanova, A.A. Tautenbayeva, A.Γ. Amangosova, G.T. Bekova, A.Zh. Akmatbekova INTERACTIVE EDUCATIONAL TECHNOLOGIES IN IMPROVING AND DEVELOPING STUDENTS' AGENCY.....	30
Zh.Zh. Azhibekova, D.I. Ussipbekova, B. Djakhanova, B.K. Zhylanbaeva, A.N. Tursun REMOVING CLOUDS AND NEBULAE FROM SPACE IMAGES USING MACHINE LEARNING METHOD.....	43
M. Aitimov, G.B. Abdikerimova, K.K. Makulov, B.A. Doszhanov, R.U. Almenayeva STUDY OF THE EMOTIONAL TONE OF A TEXT USING MACHINE AND DEEP LEARNING ALGORITHMS.....	57
A. Akynbekova, A. Mukhanova, Salah Al-Majeed, G. Altayeva FUZZY DECISION MAKING MODELS FOR ASSESSING SOCIAL PROCESSES OF REGIONAL DEVELOPMENT.....	69
K.M. Aldabergenova, A.B. Kassekeyeva, M. Aitimov, K. Daurenbekov, T.N. Esikova IMPROVEMENT OF MARKETING MANAGEMENT OF LOGISTICS OF THE AGRICULTURAL COMPLEX.....	85
A.E. Abzhanova, A.A. Bykov, S.K. Sagnaeva, E.A. Abzhanov, D.I. Surzhik OPTIMIZATION OF SOIL MODELING WITH CONSIDERATION OF UNDERGROUND GROUNDWATER.....	96
A.M. Bissengaliyeva, A.U. Issembayeva, T.K. Dushayeva, N.M. Almabayeva, G.O. Ilyassova KEYWORD COVERAGE USING SEMANTIC DATA ANALYSIS.....	108
A.Kh. Davletova, N.N. Orazova, Zh.B. Sailau, D.N. Kurmangalieva, G.L. Abdugalimov WAYS TO PREPARE PRIMARY SCHOOL STUDENTS FOR INTERNATIONAL PIRLS RESEARCH USING INFORMATION TECHNOLOGY.....	120
G. Yesmagambetova, A. Kubigenova, A. Aktayeva, I. Tseren-Onolt, M. Esmaganbet METHODS OF BIOMETRIC DATA PROTECTION BASED ON QUANTUM COMPUTING.....	137
G.K. Yeshmurat, L.S. Kainbayeva UNDERSTANDING MATH ANXIETY AND ITS IMPACT ON MATH EDUCATION STUDENTS' CAREERS.....	149
T.K. Zhukabayeva, V.A. Desnitsky, E.M. Mardenov A TECHNIQUE FOR COLLECTION, PREPROCESSING AND ANALYSIS OF DATA IN WIRELESS SENSOR NETWORKS.....	163
A.M. Jumagaliyeva, A.A. Shekerbek, Zh.Zh. Khamitova, M. Svoboda, S. Kaldar ENHANCING CYBERSECURITY WITH ADAPTIVE ANOMALY DETECTION SYSTEMS THROUGH MACHINE LEARNING.....	177
A.A. Ismailova, G. Murzabekova, M.Zh. Bazarova, G.Zh. Nurova, G.T. Azieva FORECASTING PRICES IN THE STOCK MARKET USING DEEP LEARNING METHODS.....	190

G. Kochshanova, Sh. Saparbaykyzy, K.Y. Zhangazakova, A.S. Sagynbay, E. Curiel-Marin MAXIMIZING THE POTENTIAL OF STEM EDUCATION: CONTRIBUTIONS, CHALLENGES, AND STRATEGIES TO IMPROVE LEARNING OUTCOMES.....	205
A.A. Mukhanova, S.K. Kozhukaeva, L.G. Rzayeva, Zh.E. Doumcharieva, U.T. Makhazhanova APPLICATION AND ANALYSIS OF DEEP LEARNING MODELS FOR DIAGNOSIS OF RETINAL DISEASES FROM MEDICAL IMAGES.....	218
A. Omurtayeva, U. Makhazhanova, M. Kantureyeva, G. Uskenbayeva, T.N. Esikova METHODOLOGY FOR ASSESSING THE INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF AGRICULTURAL ENTERPRISES BASED ON THE PRESENTATION OF KNOWLEDGE.....	235
A.R. Orazayeva, J.A. Tussupov, W. Wójcik, A.K. Shaikhanova, G.B. Bekeshova EFFECTIVE DETECTION OF BREAST PATHOLOGY USING MACHINE LEARNING METHODS.....	246
B.B. Orazbayev, B.U. Asanova, Zh.Zh. Moldasheva, Zh.E. Shangitova FORMULATION OF THE PROBLEM OF MULTICRITERIAL OPTIMIZATION OF OPERATING MODES OF COKE REACTORS UNDER FUZZY CONDITIONS AND A HEURISTIC METHOD FOR ITS SOLUTION.....	258
G.A. Saltanova, K.B. Bagitova, G.A. Dasheva, M.E. Shangitova, E.G. Gaisina DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED UNIVERSITY LIBRARY INFORMATION SYSTEM: INFORMATION RESOURCE MANAGEMENT OPTIMIZATION AND EFFECTIVE USER SERVICE PROVISION.....	269
L. Salybek, K. Orazbayeva, V. Makhatova, L. Kurmangazieva, B. Utenova DEVELOPMENT OF MODELS OF THE ATMOSPHERIC BLOCK OF A PRIMARY OIL PROCESSING PLANT BASED ON AVAILABLE INFORMATION OF VARIOUS NATURE.....	285
A. Seitenov, T. Zhukabayeva, S. Al-Majeed DESIGNING A MODEL OF A TELEMEDICINE INFORMATION SYSTEM WITH ELECTRONIC MEDICAL RECORD.....	297
G.B. Turmukhanova, A.A. Tautenbayeva, G.T. Bekova, S.B. Nugumanov, K. Yaroslav FORMATION OF UNIVERSITY STUDENTS' SOFT SKILLS THROUGH INTERACTION I N SOCIAL NETWORKING COMMUNITIES.....	310
A.S. Tynykulova, A.V. Faddeenkov, A.A. Mukhanova, A. Iskaliyeva, D.B. Abulkassova ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF RISK MANAGEMENT IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY: MODERN METHODS AND TECHNOLOGIES.....	325
Zh. Umarova, G. Yelbergenova, N. Zhumatayev, A. Makhatova, S. Botayeva INTELLIGENT ANALYSIS OF SUBSTANCE TRANSPORT ALGORITHM IN MOLECULAR SIEVES AT THE MESOSCOPIC LEVEL.....	336

**Publication Ethics and Publication Malpractice
the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Подписано в печать 15.06.2024.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать-ризограф.

21,0 п.л. Тираж 300. Заказ 2.