

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

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

# Х А Б А Р Л А Р Ы

---

---

**ИЗВЕСТИЯ**

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ  
НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Қазақстан Республикасының  
Ғылым Академиясының  
Әл-Фараби атындағы  
Қазақ ұлттық университетінің

**N E W S**

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF  
KAZAKHSTAN  
al-Farabi Kazakh National University

**PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**

**1 (345)**

**JANUARY – MARCH 2023**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

## БАС РЕДАКТОР:

**МУТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институтының бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

## РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

**КАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәліұлы** (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институты бас директорының кеңесшісі, зертхана меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

**МАМЫРБАЕВ Өркен Жұмажанұлы** (ғалым хатшы), Ақпараттық жүйелер саласындағы техника ғылымдарының (PhD) докторы, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институты директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

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

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

**СМОЛАРЖ Анджей**, Люблин политехникалық университетінің электроника факультетінің доценті (Люблин, Польша), **Н=17**

**ӘМІРҒАЛИЕВ Еділхан Несіпханұлы**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Жасанды интеллект және робототехника зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), **Н=12**

**КИЛАН Әлімхан**, техника ғылымдарының докторы, профессор (ғылым докторы (Жапония), ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институтының бас ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), **Н=6**

**ХАЙРОВА Нина**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институтының бас ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), **Н=4**

**ОТМАН Мохаммед**, PhD, Информатика, коммуникациялық технологиялар және желілер кафедрасының профессоры, Путра университеті (Селангор, Малайзия), **Н=23**

**НЫСАНБАЕВА Сауле Еркебұланқызы**, техника ғылымдарының докторы, доцент, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институтының аға ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), **Н=3**

**БИЯШЕВ Рустам Гакашевич**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Информатика және басқару мәселелері институты директорының орынбасары, Ақпараттық қауіпсіздік зертханасының меңгерушісі (Қазақстан), **Н=3**

**КАПАЛОВА Нұрсұлту Алдажарқызы**, техника ғылымдарының кандидаты, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институтының киберқауіпсіздік зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), **Н=3**

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

**МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь Ұлттық Ғылым академиясының академигі (Минск, Беларусь), **Н=2**

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

«ҚР ҰҒА Хабарлары. 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-математикалық сериясы*.

Қазіргі уақытта: «*ақпараттық технологиялар*» бағыты бойынша *ҚР БҒМ БҒСБҚ ұсынған журналдар тізіміне* енді.

Мерзімділігі: *жылына 4 рет*.

Тиражы: *300 дана*.

Редакцияның мекен-жайы: *050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 218 бөл., тел.: 272-64-39*

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2023  
Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Мұратбаев көш., 75.

## Главный редактор:

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

## Редакционная коллегия:

**КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович**, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, советник генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК, заведующий лабораторией (Алматы, Казахстан), **Н=7**

**МАМЫРБАЕВ Оркен Жумажанович**, (ученый секретарь), доктор философии (PhD) по специальности «Информационные системы», заместитель директора по науке РГП «Институт информационных и вычислительных технологий» Комитета науки МНВО РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

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

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

**СМОЛАРЖ Анджей**, доцент факультета электроники Люблинского политехнического университета (Люблин, Польша), **Н=17**

**АМИРГАЛИЕВ Едилхан Несипханович**, доктор технических наук, профессор, академик Национальной инженерной академии РК, заведующий лабораторией «Искусственного интеллекта и робототехники» (Алматы, Казахстан), **Н=12**

**КЕЙЛАН Алимхан**, доктор технических наук, профессор (Doctor of science (Japan)), главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), **Н=6**

**ХАЙРОВА Нина**, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), **Н=4**

**ОТМАН Мохамед**, доктор философии, профессор компьютерных наук, Департамент коммуникационных технологий и сетей, Университет Путра Малайзия (Селангор, Малайзия), **Н=23**

**НЫСАНБАЕВА Сауле Еркебулановна**, доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), **Н=3**

**БИЯШЕВ Рустам Гакашевич**, доктор технических наук, профессор, заместитель директора Института проблем информатики и управления, заведующий лабораторией информационной безопасности (Казахстан), **Н=3**

**КАПАЛОВА Нурсулу Алдажаровна**, кандидат технических наук, заведующий лабораторией кибербезопасности РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), **Н=3**

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

**МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович**, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси (Минск, Беларусь), **Н=2**

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

«Известия НАН РК. Серия 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-математическая.*

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. 218, тел.: 272-64-39*

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

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2023  
Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

### Chief Editor:

**MUTANOV Galimkair Mutanovich**, doctor of technical sciences, professor, academician of NAS RK, acting General Director of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H=5**

### EDITORIAL BOARD:

**KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich**, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Advisor to the General Director of the Institute of Information and Computing Technologies of the CS MES RK, Head of the Laboratory (Almaty, Kazakhstan), **H = 7**

**Mamyrbayev Orken Zhumazhanovich**, (Academic Secretary, PhD in Information Systems, Deputy Director for Science of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H = 5**

**BAIGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabaevich**, 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 Technical Sciences (Phys.-Math.), Professor of the Lublin University of Technology (Lublin, Poland), **H=23**

**SMOLARJ Andrej**, Associate Professor Faculty of Electronics, Lublin polytechnic university (Lublin, Poland), **H= 17**

**AMIRGALIEV Edilkhan Nesipkhanovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Head of the Laboratory of Artificial Intelligence and Robotics (Almaty, Kazakhstan), **H= 12**

**KEILAN Alimkhan**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Doctor of science (Japan)), chief researcher of Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H= 6**

**KHAIROVA Nina**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H= 4**

**OTMAN Mohamed**, PhD, Professor of Computer Science Department of Communication Technology and Networks, Putra University Malaysia (Selangor, Malaysia), **H= 23**

**NYSANBAYEVA Saule Yerkebulanovna**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H= 3**

**BIYASHEV Rustam Gakashevich**, doctor of technical sciences, professor, Deputy Director of the Institute for Informatics and Management Problems, Head of the Information Security Laboratory (Kazakhstan), **H= 3**

**KAPALOVA Nursulu Aldazarhovna**, Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory cybersecurity, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H=3**

**KOVALYOV Alexander Mikhailovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), **H=5**

**MIKHALEVICH Alexander Alexandrovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus), **H=2**

**TIGHINEANU Ion Mihailovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), **H=42**

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

Series of 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-Ж, issued 14.02.2018

Thematic scope: *series physical-mathematical series.*

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. 218, Almaty, 050010, tel. 272-64-39*

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

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2023

Address of printing house: ST «Aruna», 75, Muratbayev str, Almaty.

NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES  
ISSN 1991-346X

Volume 1, Number 345 (2023), 204-227  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.178>

УДК 004.931

© **A. Shekerbek** , **G. Abdikerimova** \*, **Zh. Lamasheva** , **M. Baibulova** ,  
**A. Tokkuliyeva** , 2023

Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan.  
E-mail: [gulzira1981@mail.ru](mailto:gulzira1981@mail.ru)

## CLASSIFICATION OF X-RAY IMAGES USING THE DEEP LEARNING ALGORITHM

**Shekerbek Ainur** — Doctoral student of the Department of Information Systems of the Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan.

E-mail: [shekerbek80@mail.ru](mailto:shekerbek80@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1088-4239>;

**Abdikerimova Gulzira** — PhD, Associate Professor, Department of Information Systems, Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan.

E-mail: [gulzira1981@mail.ru](mailto:gulzira1981@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0002-4953-0737>;

**Lamasheva Zhanar** — PhD, Senior Lecturer at the Department of Information Systems of the Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan.

E-mail: [zhanarlb@mail.ru](mailto:zhanarlb@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9535-2636>;

**Baibulova Makbal** — Senior Lecturer, Department of Information Systems, Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan.

E-mail: [m.gabbasovnaa@gmail.com](mailto:m.gabbasovnaa@gmail.com);

**Tokkulieva Aizhan** — Senior Lecturer, Department of Information Security, Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan.

E-mail: [aizhan\\_tk@mail.ru](mailto:aizhan_tk@mail.ru).

**Abstract.** The relevance of the topic in me in particular, if we take one of the information flows, whether it is a human factor action or a specific object, it is true that special machine learning language processing and automatic output of information significantly optimize human life. With the help of neural networks and their chest radiography is one of the most accessible radiological studies for screening and diagnosis of many lung diseases a special deep learning language is to study the flow of information about him and the same object in real time using neural networks. The article describes the terminology of the problem of X-ray recognition using deep learning algorithms, examines the relevance of the problem, and analyzes the current state of the problem in the field of X-ray recognition. The aspects of the problem being solved, identified during the analysis, in the form of solved problems, approaches, methods, information technologies used,

tools and software solutions to the problem are noted. The paper is devoted to the description of a modified method of fuzzy clustering of halftone images, which at each iteration performs a dynamic transformation of the source data based on a singular decomposition with automatic selection of the most significant columns of the matrix of left singular vectors. The results of experimental studies were obtained by processing X-ray images. As a result of testing a neural network model, in the output layer of which a sigmoidal activation function was used to activate neurons, and an algorithm was used as an optimization method, the best values of accuracy and completeness were obtained: accuracy – 94.2. During testing, the neural network showed an accuracy of pneumonia recognition equal to 94,27%.

**Keywords:** mathematical methods, deep learning, neural networks, pattern recognition, medical image processing, artificial intelligence

© А.Ә. Шекербек, Г.Б. Абдикеримова\*, Ж.Б. Ламашева, М.Г. Байбулова, А.К. Токкулиева, 2023

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

E-mail: gulzira1981@mail.ru

## ТЕРЕҢ ОҚЫТУ АЛГОРИТМІМЕН РЕНТГЕНДІК КЕСКІННІҢ КЛАССИФИКАЦИЯСЫ

**Шекербек Айнұр Әзімбайқызы** — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Ақпараттық жүйелер кафедрасының докторанты, Астана қ., Қазақстан.

E-mail: shekerbek80@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1088-4239>;

**Абдикеримова Гүлзира Бахытбекқызы** — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Ақпараттық жүйелер кафедрасының м.а.доценты, PhD, Астана қ., Қазақстан.

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

**Ламашева Жанар Бейбітқызы** — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Ақпараттық жүйелер кафедрасының PhD, аға оқытушысы, Астана қ., Қазақстан.

E-mail: zhanarlb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9535-2636>;

**Байбулова Мақбал Габбасқызы** — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Ақпараттық жүйелер кафедрасының аға оқытушысы, Астана қ., Қазақстан.

E-mail: m.gabbasovnaa@gmail.com






**Токкулиева Айжан Қоңырбайқызы** — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Ақпараттық қауіпсіздік кафедрасының аға оқытушысы, Астана қ., Қазақстан.

E-mail: aizhan\_tk@mail.ru.

**Аннотация.** Мендегі жұмыстың өзектілігі атап айтқанда, ақпарат ағынының бірін алатын болсақ, ол адам факторының әрекеті немесе белгілі бір объекті болсын, арнайы терең оқытуды үйрену тілін өңдеу және ақпаратты автоматты түрде шығару адам өмірін айтарлықтай оңтайландыратыны рас. Нейрондық желілердің және олардың кеуде қуысының рентгенографиясының көмегімен көптеген өкпе ауруларын скринингтік және диагностикалауға арналған ең қолжетімді радиологиялық зерттеулердің бірі болып табылады, нейрондық желілерді пайдалана отырып, ол және сол объект туралы нақты уақыт режимінде ақпарат ағынын зерттеу үшін арнайы терең оқыту тілі

болып табылады. Мақалада терең оқыту алгоритмдерін пайдалана отырып, рентгендік тану мәселесінің терминологиясы сипатталған, мәселенің өзектілігі қарастырылған және рентгендік тану саласындағы мәселенің қазіргі жағдайы талданған. Талдау барысында шешілетін мәселенің аспектілері, шешілген мәселелер, тәсілдер, әдістер, қолданылатын ақпараттық технологиялар, проблеманы шешудің құралдары мен бағдарламалық шешімдері түрінде көрсетілген. Мақала әрбір итерацияда сол жақ сингулярлық векторлар матрицасының ең маңызды бағандарын автоматты түрде таңдау арқылы сингулярлық декомпозиция негізінде бастапқы деректерді динамикалық түрлендіруді жүзеге асыратын жартылай тонды кескіндерді анық емес кластерлеудің модификацияланған әдісін сипаттауға арналған. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері рентгендік кескіндерді өңдеу арқылы алынды. Нейрондық желі моделін сынау нәтижесінде нейрондарды белсендіру үшін сигма тәрізді белсендіру функциясы қолданылған шығыс қабатында және оңтайландыру әдісі ретінде алгоритм қолданылған, дәлдік пен еске түсірудің ең жақсы мәндері алынды: дәлдік – 94.2. тестілеу нәтижесінде нейрондық желі пневмонияны тану дәлдігін 94,27%-ға тең көрсетті.

**Түйін сөздер:** математикалық әдістер, терең оқыту, оқыту, нейрондық желілер, үлгіні тану, медициналық кескіндерді өңдеу, жасанды интеллект

© А.А. Шекербек , Г.Б. Абдикеримова\* , Ж.Б. Ламашева ,  
М.Г. Байбулова , А.К. Токкулиева , 2023

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

E-mail: gulzira1981@mail.ru

## КЛАССИФИКАЦИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

**Шекербек Айнур Азимбаевна** — Докторант кафедры информационных систем Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан.

E-mail: shekerbek80@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1088-4239>;

**Абдикеримова Гульзира Бахытбековна** — и.о. доцент кафедры информационных систем Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, PhD, г. Астана, Казахстан.

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

**Ламашева Жанар Бейбутовна** — PhD, старший преподаватель кафедры информационных систем Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан.

E-mail: zhanarlb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9535-2636>;

**Байбулова Макбал Габбасовна** — старший преподаватель кафедры информационных систем Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан.

E-mail: m.gabbasovnaa@gmail.com;

**Токкулиева Айжан Конурбаевна** — старший преподаватель кафедры информационной безопасности Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан.

E-mail: aizhan\_tk@mail.ru.

**Аннотация.** Актуальность темы в частности, если взять один из информационных потоков, будь-то действие человеческого фактора или конкретный объект, то верно, что специальное машинное обучение языковой обработки и автоматический вывод информации значительно оптимизируют жизнь человека. С помощью нейронных сетей и их рентгенографии органов грудной клетки — одного из самых доступных рентгенологических исследований для скрининга и диагностики многих заболеваний легких — специальный язык глубокого обучения позволяет изучать потоки информации о нем и одном и том же объекте в режиме реального времени с помощью нейронных сетей. В статье описана терминология проблемы распознавания рентгеновских снимков с использованием алгоритмов глубокого обучения, рассмотрена актуальность проблемы, а также проанализировано современное состояние проблемы в области распознавания рентгеновских снимков. Отмечаются аспекты решаемой проблемы, выявленные в ходе анализа, в виде решаемых задач, подходов, методов, используемых информационных технологий, инструментов и программных решений проблемы. Статья посвящена описанию модифицированного метода нечеткой кластеризации полутоновых изображений, который на каждой итерации выполняет динамическое преобразование исходных данных на основе сингулярной декомпозиции с автоматическим выделением наиболее значимых столбцов матрицы левых сингулярных векторов. Результаты экспериментальных исследований были получены путем обработки рентгеновских изображений. В результате тестирования модели нейронной сети, в выходном слое которой для активации нейронов использовалась сигмоидальная функция активации, а в качестве метода оптимизации — алгоритм, были получены наилучшие значения точности и полноты: точность — 94,2. тестирования нейросеть показала точность распознавания пневмонии, равную 94,27%.

**Ключевые слова:** математические методы, глубокое обучение, нейронные сети, распознавание образов, обработка медицинских изображений, искусственный интеллект

### **Кіріспе**

Қазіргі уақытта нейрондық желілер арқылы медициналық деректерді талдау әдістері барған сайын танымал бола бастады. Классификация, сегменттеу, анықтау, аномалияларды іздеу және т.б. сияқты кескінді талдаудың әртүрлі мәселелерін шешуге арналған конволюционды нейрондық желілерге негізделген әдістер әсіресе өзекті болып табылады. Медициналық диагностика тұрғысынан күрделі құрылымдарды анықтау және сипаттау үшін алгоритмдердің қажеттілігінің болмауы және тамаша жалпылау қабілетті кескінді талдау үшін нейрондық желі әдістерін ыңғайлы және тиімді етеді.

Дегенмен, қазіргі конвульсиялық нейрондық желілердің негізінде жатқан кескіндерден мүмкіндіктерді тікелей құру принципі мұндай нейрондық



желілерді модель оқытылатын кескін үлгісінің сапасы мен біркелкілігіне өте талап етеді. Осылайша, қазіргі уақытта өзекті міндет - оқытуда да, валидацияда да қолданылатын нейрондық желі моделінің кірісіне енетін кескіндердің сапасын талдау. Медициналық жабдықтың ерекшеліктері мен баптауларының кең ауқымына байланысты кіріс кескіндерінің сапасын бақылау мәселесі әртүрлі кескіндер үшін өзекті болып табылады, мысалы, магнитті-резонансты бейнелеу, компьютерлік және рентгенография үшін.

Медициналық цифрлық кескіндерді өңдеу соңғы онжылдықтарда зерттеушілердің назарында болды. Көптеген жұмыстар осы саладағы математикалық әдістер мен бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеуге/пайдалануға, сондай-ақ техникалық құралдарды әзірлеуге (жетілдіруге) арналған. Зерттеушілердің рентгендік медициналық кескіндерді өңдеудің заманауи құралдарына қызығушылығы әзірленген диагностикалық жүйелердің сапасы мен сенімділігіне қойылатын талаптардың артуына байланысты. Рентгенографияның адам медицинасындағы негізгі қолдануларының бірі — кеуде қуысының суреттерін алу және талдау. Бұл жағдайда мұндай бейнелерді талдаудың негізгі міндеттері әдетте алынған морфологиялық түзілістерді оқшаулау (сегментациялау) және оларды патологияның белгілі кластарына жатқызу болып табылады. Растрлық жартылай реңкті бейнелерді талдау нәтижелері бойынша үлгіні тану мәселелерін шешу үшін бастапқы кескінді мағыналық мазмұны бойынша ерекшеленетін бөліктерге (сегменттерге) бөлу мәселесін шешу қажет. Кескіндерді одан әрі талдау және жіктеу тиімділігі сегменттеу сапасына байланысты.

Ковид-19 инфекциясын ерте кезеңде анықтау қиындығы оның симптомдарының пневмониядан туындаған инфекциямен қатты ұқсастығына байланысты. Осыған байланысты вирус бүкіл әлемге тез тарады. Осы себепті өкпе ауруларын диагностикалау тек медицина қызметкерлерінің ғана емес, бүкіл планетамыздың тұрғындарының өзекті міндетіне айналды. Бұл мәселелердің өзектілігі мен практикалық аспектісі тек коронавирустық індетпен ғана емес, сонымен қатар ауаға зиянды заттардың шығарылуына бақылауы нашар өнеркәсіптің өсуімен байланысты, бұл өкпе обыры, пневмония, туберкулез және т.б. сияқты ауруларға бейімділігін арттырады. Сондықтан денсаулыққа ауыр зиян келтірмес бұрын аурулардың алдын алу немесе анықтау үшін өкпенің жағдайын үнемі бақылау қажет.

Сондықтан, қазіргі кездегі басты мәселе — жылдам анықтау; және бұл денсаулық сақтау жүйесі пациенттер туралы деректердің тасқынына толы болғандықтан маңыздырақ бола түсуде. Автоматтандырылған компьютерлендірілген процестің қажеттілігі барған сайын айқындалуда. Осыны ескере отырып, осы мақсатта терең оқытуды пайдаланып, радиомикроскопиялық бейнелеудің мүмкіндіктерін пайдалану ұсынылады.

Терең оқыту анықтау немесе жіктеу үшін қажетті көріністерді автоматты түрде ашу үшін бастапқы деректерге негізделген оқытуды талап етеді.

Медициналық кескіндер контекстінде ол кірісте кескіндердің пиксельдік мәндерін (шығарылған немесе таңдалған мүмкіндіктердің орнына) тікелей пайдаланады; осылайша, дұрыс емес сегменттеуден немесе мүмкіндікті кейіннен шығарудан туындаған қолмен қателер жойылады. Конволюционды нейрондық желілер (CNN) терең оқытудың ең танымал үлгілерінің бірі болып табылады. CNN-дегі серпіліс 2012 жылы ImageNet бәсекелестігімен болды, онда нысанды танудағы қателер деңгейі екі есеге дерлік төмендеді.

Жасанды интеллект алгоритмдері кеуде қуысының рентгенографиясы негізінде алынған клиникалық және радиологиялық функциялармен қатар, рентгендік жабдық пен көмекке қол жетімді кез келген елде жүзеге асырылуы мүмкін. Ауқымды анықтау бағдарламаларын жүргізуде Ковид-19 тиімді диагностикасында үлкен көмек болады деп күтілуде.

Бұл сценарийде терең оқыту аномалияларды анықтау және нақты Ковид-19 вирусының қолтаңбаларымен байланысты болуы мүмкін өзгертілген өкпе паренхимасының негізгі ерекшеліктерін шығару үшін жылдам, автоматтандырылған және тиімді стратегияларды ұсынады.

Рентгенография — бұл ауруды алдын ала диагностикалаудың, оның ішінде аурудың ағымын бақылаудың ең қарапайым және халыққа қолжетімді әдісі. Шешім қабылдау кезінде кескіндердегі кескіндерді анықтау процесінде медицина мамандары көптеген мәселелерге тап болады:

- толық емес және дұрыс емес бастапқы ақпарат;
- атрибуттардың үлкен өзгермелілігі және таңдаудың шағын өлшемі.

Жұмыс тақырыбының өзектілігі зерттелетін құбылыстың айтарлықтай таралуымен байланысты және қарастырылатын саладағы жұмысты жақсарту бойынша ұсыныстар әзірлеу қажеттілігінде жатыр.

Зерттеу объектісі — өкпе патологиясы.

Зерттеу тақырыбы санаттарға бөлінген рентген сәулесі: сау, пневмониямен ауыратын науқастар және Ковид-19 бар науқастар.

Пандемия кезінде деректердің үлкен көлемін (өкпенің рентген және КТ) өңдеу, сондай-ақ бұл деректерді сапалы және жылдам жіктеу мәселесі өткір болды. Бұл мәселені шешу үшін терең оқыту әдістері қолданылады. Нейрондық желілер үлкен көлемдегі деректер бойынша оқытылады және кейінірек жаңа ұқсас деректер бойынша өз болжамдарын жасайды, бұл дәрігерлерге дәлірек диагноз қоюды жеңілдетеді. Функционалды диагностикалық бейнелерді тану қазіргі уақытта кезек күттірмейтін міндет болып табылады, өйткені ол пандемия мен оның салдарымен тікелей байланысты.

### **Зерттеу материалы мен әдістері**

Бұл зерттеудің мақсаты мобильді платформада нейрондық желілерді пайдалана отырып, нақты уақыт режимінде объектілерді анықтау және жіктеу болып табылады, оның ішінде медицина саласында, мұнда рентген сәулелері арнайы терең оқытудың арқасында кеуде ауруларының нәтижелерін тиімді деңгейде зерттейді.

Максатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

— рентгендік кескіндерді автоматты түрде сипаттау үшін нейрондық желілерді пайдалана отырып, ақпараттық мүмкіндіктерді анықтау;

рентгендік кескіндердің таңдалған әдістерін енгізу және сынау.

Флюорографиялық суреттерде өкпенің әртүрлі патологияларын (мысалы, туберкулез) іздеу үшін суретте өкпенің өзін оқшаулауды үйрену керек. Бұл маңызды, өйткені болашақта ауруларды тану үшін терең оқыту алгоритмдері қолданылатын болады. Егер біз жеңілдерді таңдамай, оқыту үшін тұтас кескіндерді қолданатын болсақ, онда біз алгоритмді енгізуге қосымша деректерді беру қаупін тудырамыз, олардың арасында классификатор оқыту үшін мүмкіндіктерді іздейді. Сонымен қатар, өкпенің бөлінуі оқытуға қажетті аппараттық ресурстардың көлемін және жаттығуға кететін уақытты азайтады. Әрине, шағын жаттығу үлгісінде өкпені қолмен таңдау оңай. Дегенмен, біз кескіндердің үлкен үлгісімен жұмыс істегенде, компьютерді тану алгоритмдерін пайдалануымыз керек.

Қолданылатын әдіс қарапайым алгоритмге негізделген сараптамалық жүйе (ешбір терең оқыту алгоритмдерін қолданбай).

Оның сипаттамасын келесі дәйекті қадамдарды орындау арқылы орнатуға болады:

— түстің көмегімен өкпе контурын ерекшелеу. Бұл кезеңде дененің контурлары да бөлектеледі;

— кескіннің жолдары мен бағандарының талданған гистограммалары бойынша дененің шекарасын кесу;

— қажет емес бөліктерді дәлірек жою үшін гистограммаларды қайта талдау.

Жазу кезінде кескіннің қалған таңдалған бөліктері тіктөртбұрышқа айналады. Өкпе осы кезде ғана босатылады деп болжанады (Маурья және т.б., 2017).

Бұл алгоритм көптеген кескіндерде жақсы жұмыс істейді. Дегенмен, ол кейбір кескіндер үшін мысалы, пациент үшін жиі флюорографиялық процедураларға байланысты сәулеленуді азайту үшін флюорографиялық аппараттың қуаты азайған кезде дұрыс жұмыс істемейді. Сондай-ақ, тіктөртбұрышты пішін әрі қарай талдау үшін жеткіліксіз - тіктөртбұрышқа тек өкпе ғана емес, сонымен қатар адамның тыныс алу органдарының анатомиялық пішініне байланысты тіктөртбұрышқа өкпеден басқа көп орган кірмейді.

Арнайы радиологиялық зерттеу әдістері мақсатына қарай бір типті топтарға ыңғайлы түрде бөлінеді:

1. Жасанды контраст әдістері (тікелей және жанама контраст).

2. Алынған кескіннің өлшемін реттеу әдістері (телерадиография және рентгендік кескінді тікелей үлкейту).

3. Кеңістіктік зерттеу әдістері (сызықтық және компьютерлік томография, панорамалық томография, панорамалық зонография).

#### 4. Қозғалыстарды тіркеу әдістері.

##### Жасанды контраст әдістері

Кәдімгі рентгендік зерттеуде рентген сәулелерін сол немесе басқа дәрежеде сіңіретін органдардың бейнесін алу оңай; мұндай органдарда табиғи контраст бар. Мысалы, әдеттегі рентгенографиямен жақсы анықталған сүйектер. Дегенмен, әдеттегі рентгенография рентген сәулелерін жұту қабілеті шамамен бірдей мүшелер мен тіндердің әртүрлі кескіндерін бере алмайды. Осылайша, жүректің контурлары кеуде қуысының шолу суретінде көрінеді, бірақ оның қанға толы камераларын ажырату мүмкін емес, өйткені қан мен жүрек бұлшықеті рентген сәулелерін бірдей кешіктіреді. Бұл дененің барлық жұмсақ тіндік құрылымдарына қатысты. Рентген сәулелерін кешіктіру қабілеті бірдей тіндерді ажырату үшін жасанды контраст қолданылады. Заттар ағзаға енгізіледі жұмсақ тіндерге қарағанда рентген сәулелерін көп немесе аз сіңіруге қабілетті, бұл зерттелетін органдардың қажетті контрастына қол жеткізуге мүмкіндік береді. Жасанды контрасттардың 2 тобы бар: тура және жанама қарама-қарсы қою әдістері. Тікелей контраст контрастты затты тікелей зерттелетін органның қуысына немесе оны қоршаған қуысқа, тіндерге енгізуге негізделген. Мысалы, асқазан-ішек жолдарының мүшелерін, қан тамырларын, жатырды, сілекей бездерін, фистулярлық жолдарды және т.б. зерттеу әдістері. Жанама контраст кейбір органдардың қаннан контрастты затты таңдап алу, оны концентрациялау және жою қабілетіне негізделген. бұл олардың физиологиялық құпиясымен. Мысалы — бауыр, өт қабы, бүйрек. Белгілі бір уақыттан кейін мұндай заттарды енгізгеннен кейін науқастың рентгендік зерттеуі өт жолдарын, өт қабын, бүйректің қуыс жүйесін, несепарға мен қуықты ажырата алады. Жасанды контраст әдістері медицинаның әртүрлі салаларында рентгендік зерттеу әдістерінің мүмкіндіктерін айтарлықтай кеңейтті (Ким және т.б., 2016).

##### Нәтижелер мен пікірталас

Өнертабыс кескінді цифрлық өңдеу әдістеріне қатысты және рентгендік кескінді интеллектуалды жіктеу жүйелерінде қолданылуы мүмкін. Техникалық нәтиже графикалық ақпаратты талдауда қызығушылық аймақтарын тану дәлдігін арттыру болып табылады. Бұл нәтижеге объектінің оптикалық тығыздықтарының матрицасы түріндегі цифрлық рентгендік кескінді қалыптастыруды, кескіннің терең қабаттарын алуды қамтамасыз ететін мөлдірлік масқалары арқылы рентгендік кескіндерді автоматты түрде классификация әдісі арқылы қол жеткізіледі. Бастапқы цифрлық кескінді әрбір қабат үшін бірегей жергілікті сүзгілермен өңдеу арқылы, технология тіркелгісін біріктіру (қосалқы үлгілеу) үшін терең қабаттардағы кескіндердің өлшемін азайту, толық қосылған нейрондық желі үшін ақпараттық мүмкіндіктер кеңістігін қалыптастыру. Дискреттелген терең қабаттар және толық қосылған нейрондық желінің көмегімен алынған ақпараттық мүмкіндіктердің векторының жіктелуі.

Міндет объектінің оптикалық тығыздықтарының матрицасы түріндегі сандық рентгендік кескінді қалыптастыруды қамтамасыз ететін рентгендік кескіндерді автоматты түрде классификациялаудың белгілі әдісінде қол жеткізіледі. Қабаттардың кескіні (тереңдік өлшемі) бастапқы цифрлық кескінді әрбір қабат үшін бірегей жергілікті сүзгілермен өңдеу арқылы, содан кейін біріктіру (қосалқы үлгілеу) технологиясын пайдалана отырып, терең қабаттардағы кескін өлшемін азайту, толық оқыту үшін ақпараттық мүмкіндіктер кеңістігін қалыптастыру. Терең қабаттарды сканерлеу арқылы қосылған нейрондық желі, берілген морфологиялық түзілістермен рентгендік кескіндердің мысалдарын пайдалана отырып, толық қосылған нейрондық желіні оқыту; кіріс цифрлық кескіні мөлдірлік маскасымен толықтырылады, жергілікті сүзгілер бірдей операторлар ретінде жүзеге асырылады, фильтр маскасының масштабын индекстеу арқылы терең қабаттарды қалыптастыру. Бұл жағдайда біріктіру технологиясы үш өлшемді тензорларды қалыптастыру арқылы, әрбір терең қабат үшін екіден, терең қабаттарды екі дифференциалды оператормен өңдеу арқылы жүзеге асырылады, олардың элементтерінің саны терең қабаттың масштабымен анықталады. Екілік шығыстар мен шекті белсендіру функциясы бар, бұл ретте әрбір шкала үш өлшемді мегапиксельдермен сипатталады, олардың саны сәйкес тереңдік қабатының масштабы маскасымен анықталады.

Медициналық диагностикалық термин ретінде автоматты талдау белгілі бір жағдайларда автоматты жіктеуді немесе үлгіні тануды білдіреді. Сурет белгілі бір топқа немесе сыныпқа жатады, мысалы, норма немесе патология. Математикалық мәні бойынша жіктеу элементтері кескіндердің кластары немесе топтары арқылы ұсынылған осындай жиынтықтағы кескіндер жиынын көрсетуі керек белгілі бір функцияны табуы білдіреді.

Автоматты жіктеу процесі көбінесе үш кезеңде өтеді:

Бірінші кезең алдын ала өңдеуді қамтиды, бұл қарастырылатын кескіндерді анықтамалық немесе нормаланған кескіндерге барынша азайту. Көбінесе медициналық суреттерде бұл әртүрлі ығысулар, жарықтық өзгерістері, сондай-ақ контраст пен геометриялық түрлендірулердегі өзгерістер (масштабтың өзгеруі, осьтің ауытқуы).

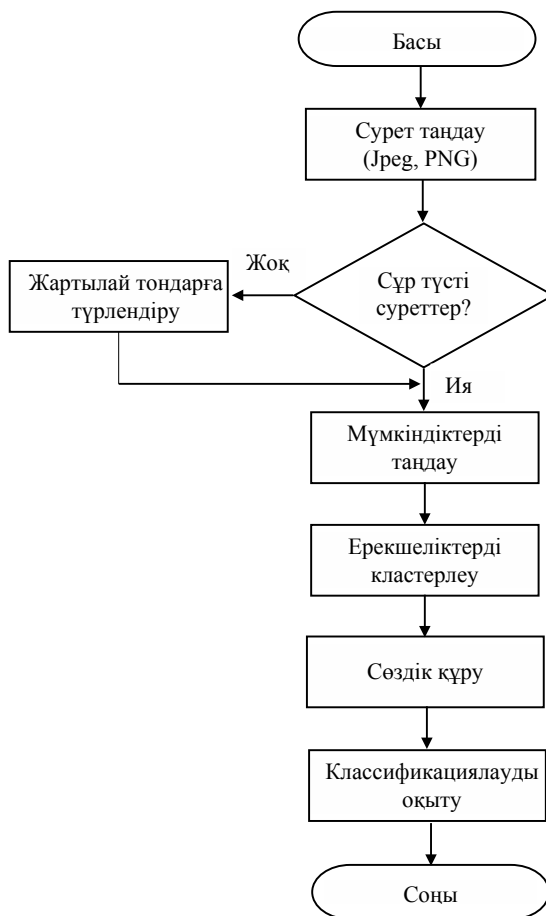
Екінші кезең мүмкіндіктерді таңдаумен байланысты, оның көмегімен өңделген кескін болып табылатын функция нақты сандармен кодталған ең маңызды белгілердің едәуір бөлігін бөліп көрсететін функционалдық түрлендіруге ұшырайды. Мүмкіндіктерді таңдау кескінің көптеген математикалық түрлендірулерінен тұрады.

Үшінші кезең — белгілердің жіктелуі. Алдыңғы әрекеттердің нәтижесінде алынған және таңдалған мүмкіндіктерді сипаттайтын нақты сандар жиыны компьютер жадында сақталған анықтамалық сандармен салыстырылады. Осындай салыстыру нәтижесінде электрондық компьютер кескіндерді жіктей алады, яғни оларды белгілі түрлердің кез келгеніне жатқызады, мысалы, қалыпты немесе патология.

Дегенмен, автоматты жіктеудің екі шеткі қадамын орындауды қиындататын бірнеше жағдайлар бар, мысалы:

- 1) қандай да бір ағзаның жеке ерекшеліктеріне байланысты стандартты норманың болмауы;
- 2) оның формаларының алуан түрлілігіне қарамастан, патология стандартының қалыптасуының шындыққа сәйкес келмеуі.

Сондықтан қазіргі уақытта дифференциалды диагностикада толық автоматты жіктеу мүмкін емес. Айта кету керек, суретті бағалаудың бастапқы кезеңін алмастыра отырып, тек норма/патология принципі бойынша алдын ала іріктеу жүргізілуі мүмкін. Осыған қарамастан, бұл қадам жаппай диспансерлік тексерулер кезінде өте пайдалы болады. Кескінді автоматты түрде жіктеу мәселесін шешу үшін 1-ші суретте берілген оқыту алгоритмінің блок-схемалары, 2-ші суретте көрсетілген кескіндердің классификациясы әзірленді.



1-сурет. Оқыту алгоритмінің құрылымдық схемалары

Классификаторды оқыту мыналардан тұрады:

- классификаторды оқыту үшін суреттермен мәліметтер қорын жүктеу;
- кескін түрін тексеру;
- SURF әдісімен ерекшелікті алу;
- k- орталары әдісі бойынша кластерлеу;
- кластерлерден сөздік құру.



2-сурет. Жіктеу алгоритмінің құрылымдық схемасы

Кескінді тану мыналардан тұрады:

- суретті жүктеу;
- кескін түрін тексеру;
- SURF функцияларын таңдау;
- сөздікті салыстыру;
- кескіннің классификациясы.

Терең оқыту алгоритмдерін жасау биомедициналық тапсырмаларды автоматтандыру саласында кең мүмкіндіктер береді. Биомедициналық кескіндерді компьютерлік өңдеу кескінді талдаудың дәлдігін арттырады, шешім қабылдаудағы адам факторының рөлін төмендетеді, терапияның тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді және жалпы алғанда адамдардың өмір сүру сапасын жақсартады. Биомедициналық зерттеулер функционалдық диагностикада алынған заңдылықтарды талдау және тану саласында белсенді дамып келеді.

Бұл жұмыста ғылыми жарияланымдар негізінде функционалдық диагностиканың заңдылық тануының қазіргі қолданыстағы әдістерінің қолданылуына талдау жасалды.

*Рентгенографияның таңдалған әдістерін енгізу және апробациялау*

Компьютерлік көру – компьютерлер мен жүйелерге сандық кескіндерден, кескіндерден және басқа көрнекі кірістерден мағыналы ақпаратты алуға және сол ақпарат негізінде әрекеттер жасауға немесе ұсыныстар жасауға мүмкіндік беретін жасанды интеллект саласы.

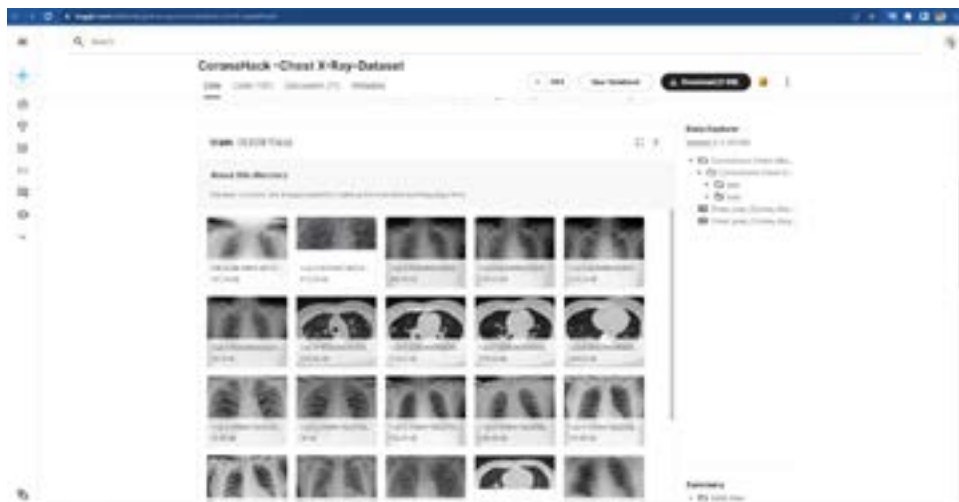
Компьютерлік көру көптеген деректерді қажет етеді. Олайырмашылықтарды тауып, ақырында кескіндерді танитынша деректерді қайта-қайта талдайды.

Convolutional Neural Network (CNN), сондай-ақ ConvNet ретінде белгілі, архитектурасы терең және FC қабаттары бар басқа желілермен салыстырғанда таңғажайып жалпылау мүмкіндіктері бар жасанды нейрондық желі (ANN) түрі.

Корона вирусы-Ковид-19 сау адамдардың тыныс алу жүйесін жұқтырады және кеуде рентгені коронавирусты анықтаудың ең маңызды бейнелеу әдістерінің бірі болып табылады. Кеуде қуысының рентгендік деректерін жинау арқылы сау пациенттер мен пневмониясы бар науқастардың (Корона) рентгендік сәулелерін жіктеу үшін терең оқыту моделі әзірленеді және бұл модель жасанды интеллект қосымшасына корона вирусын анықтау үшін жылдамырақ болады (Лидонг және т.б., 2015).

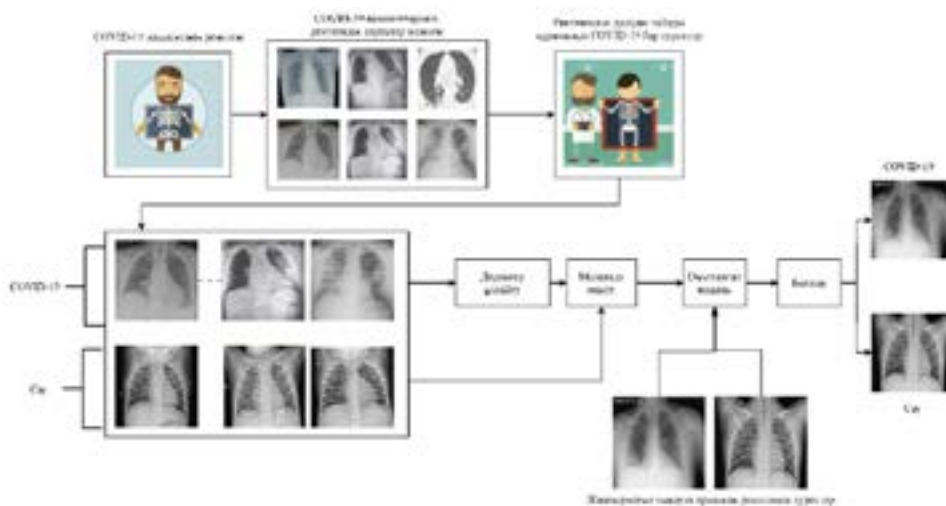
Дені сау және Ковид-19 жұқтырған науқастардың кеуде қуысының рентгендік суреттерінің жинағы, жұқтырған науқастардың аты-жөні және 3-ші сурет ерекшеліктері суретте келтірілген. Өкпе қуысының рентгендік бейнелері Kaggle.com әлемдік дерекқордан алынған. Таңбалар мен кескін таңбалары csv файлында сақталған арнайы ChestXrayCorona\_Metadata болып табылады.





3-сурет. Kaggle дерекқорындағы кеуде деректері

4-ші суретте көрсетілгендей, осы зерттеудің жұмыс барысы кескіндердің екі класын қамтитын бастапқы деректер жиынын жинаудан басталады: бір сынып расталған Ковид-19 жағдайларының кеуде қуысының рентгенографиясына жатады, ал суреттердің басқа класы қарапайым адамдарға қатысты: вирус бар немесе ауру. Зерттеудің келесі кезеңінде мүдделі медицина қызметкерлері деректер массивін талдап, сапасы мен диагностикалық параметрлері бойынша анық емес рентгенограммалардың бөлігін алып тастады. Осылайша, алынған деректерді алу өте таза болды, өйткені әрбір рентген сәулесі жақсы сапада және шолу кезінде маңызды диагностикалық параметрлерде анық болды. Үшінші қадамда деректер жиынтығы өлшемді ұлғайту үшін стандартты масштабтау әдістерімен толықтырылды. Алынған деректер жинағы келесі қадамда үлгіні үйрету үшін пайдаланылды. Жаттығудан кейін модель ауру анықталған кезде өнімділікке тексерілді. Ұсынылған CNN моделін сынау бастапқы деректер жиынындағы сынақ деректер жинағын, сондай-ақ тәуелсіз тексеру деректер жинағын пайдалану арқылы жасалды. Жаттығу жиынындағы, сынақ жиынындағы, валидация жинағындағы рентгендік кескіндердің жалпы саны және екі болжамдық сыныптағы рентгендік кескіндердің үлесі бұрын айтылған kaggle деректер жинағынан алынған деректер жиынтығы деректеріне кіреді.



4-сурет. Терең оқытуда орындалатын процестер

Терең оқытуда екі түрлі әдіс қолданылды:

- CNN;
- MobileNetV2.

CNN - конволюциондық нейрондық желілер немесе ConvNets деп те белгілі кескіндер сияқты тор тәрізді топологиясы бар деректерді өңдеуге мамандандырылған нейрондық желілер класы. Жаттығу кезінде ол жүздеген немесе мыңдаған жасырын қабаттарды пайдалана алады.

Ұсынылған CNN моделі 38 қабаттан тұрады, оның 6-ы конволюционды (Conv2D), 6 максималды конвульсия қабаты, 6 түсіру қабаты, 8 белсендіру функциясы қабаты, 8 топтамалық қалыпқа келтіру қабаты, 1 тегістеу қабаты және 3 толық қосылған қабат; CNN моделінің кіріс кескінінің пішіні (150, 150, 3), яғни 150-ден 150-ге дейінгі RGB кескіндері. Барлық Conv2D қабаттары 3x3 ядросын пайдаланды, бірақ әрбір екі Conv2D қабатынан кейін сүзгі өлшемі артады. Conv2D 1-ші және 2-ші қабаттары кірісте оқыту үшін 64 сүзгіні пайдаланды, ал Conv2D-тің 3-ші және 4-ші қабаттары 128 сүзгіні, 5-ші және 6-шы қабаттары 256 сүзгіні пайдаланды. Әрбір Conv2D қабатынан кейін біріктіру өлшемі 2x2 болатын максималды біріктіру қабаты пайдаланылды,  $os = 1$ , болатын пакетті қалыпқа келтіру қабаты пайдаланылды. Белсендіру деңгейі ReLU функциясымен және түсіру қабатымен бірге пайдаланылды. 20% оқуды тастап кету деңгейімен қолданылады. Соңғы Conv2D қабатының 256 шығыс нейронының шығысы максималды жинақтау, пакетті қалыпқа келтіру, белсендіру және түсіру қабатымен жалғасады. Соңғы араластыру және конволюция қабаты 3D матрицасын шығаратындықтан, матрицаны тегістеу үшін оларды 3 тығыз қабатта енгізілетін векторға түрлендіру үшін тегістеу қабаты пайдаланылды (Тивари және т.б., 2015).

Бұл зерттеу екілік жіктеу үшін CNN пайдаланады; бұл екілік айқас энтропия (BCE) жоғалту функциясын пайдаланудың себебі. Екілік жіктеу деректерді екі көрсетілген сыныптың біріне жіктеу үшін тек бір шығыс түйінін қажет ететіндіктен, BCE жоғалту функциясы жағдайында шығыс мәні Sigma белсендіру функциясына беріледі. Sigma белсендіру функциясының шығысы 0-ден 1-ге дейін ауытқиды. Ол болжамды класс пен нақты сынып арасындағы қатені табады. Оқыту моделінің жоғалуын азайту үшін атрибуттың салмағы мен оқу жылдамдығын өзгерткен «Адам» оптимизаторы қолданылды. Модель параметрінің мәндері 1-ші кестеде көрсетілген.

1-кесте

Модель параметрі

Параметр	Мән
Енгізу өлшемі	(150, 150, 3)
Анықтау үшін сүзгіден өткізіңіз	64, 128, 256
Максималды біріктіру	2×2
Топтаманы қалыпқа келтіру	Ось = -1
Белсендіру функциялары	ReLU, сигма тәрізді
Дедукция деңгейі	20 %
Ядро өлшемі	3×3
Дәуірлер	50
Оңтайландырушы	Адам
Жоғалту функциясы	екілік_кросэнтропия

Бастапқы эксперименттер кезінде CNN модельде бірқатар конвульсиялық қабаттарды пайдалану тұрғысынан әртүрлі конфигурациялармен пайдаланылды. Модельде конвульсияның қанша қабаты қолданылғаны туралы шешім қадамдық тәсіл арқылы қабылданды. Біріншіден, CNN тек бір конволюционды қабаттың көмегімен сынақтан өтті және нәтижелер талданды. Содан кейін CNN екі қабатта құрылды және нәтижелер талданды және т.б. модель ұсынған нәтижелер дәл және тиімді болғанша тәсіл жалғасты. Нәтижелері әбден мүмкін екендігі дәлелденген соңғы модель конвульсияның алты қабатынан тұрды.

MobileNetV2 — әртүрлі пайдалану жағдайлары үшін ресурс шектеулеріне сәйкес келетін параметрленген, кішігірім, кідірісі төмен, қуаттылығы төмен модельдер. Оларды басқа кең ауқымды классификация, анықтау, кірістіру және сегменттеу үлгілері сияқты жасауға болады.

MobileNetV2 архитектурасы стандартты конвульсияларға қарағанда айтарлықтай аз өңдеу қуатын қажет ететін терең дивергентті конволюцияларды пайдаланады. Көптеген орнатылған желілерге қарағанда айтарлықтай жеңіл және тиімдірек болғанымен, MobileNetV2 VGG16 және GoogleNet сияқты басқа ағымдағы үлгілер сияқты дәл. MobileNetV2 пакетті қалыпқа келтіру

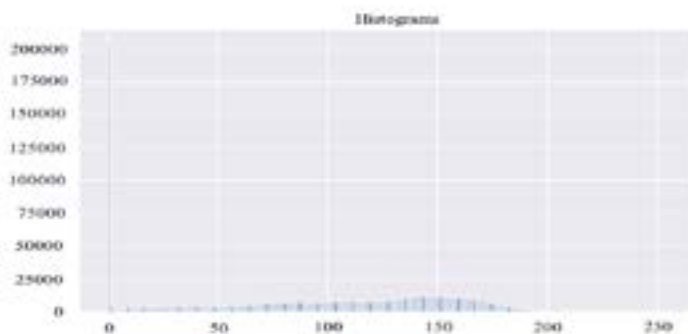
функциясы және әр қабаттан кейін ReLU белсендіру функциясы бар 53 конволюция қабатын пайдаланады (Вэй және т.б., 2015).

Біз 5-ші суретте көрсетілген айқын кеуде рентгендік суретін көре аламыз. Бұл кескін жалпы сұр шкалаға түрлендірілді. Негізгі сау кеуде қуысының науқастан айырмашылығы - рентген сәулелері денеден және дайын шығыс кескіннің ақшыл аймақтарынан өтеді. Бұл жай көзбен байқау қиын болғандықтан, біз бұл кескінді цифрлық матрицаға айналдырамыз. Әрбір пиксель 0 мен 255 арасындағы санмен көрсетіледі.



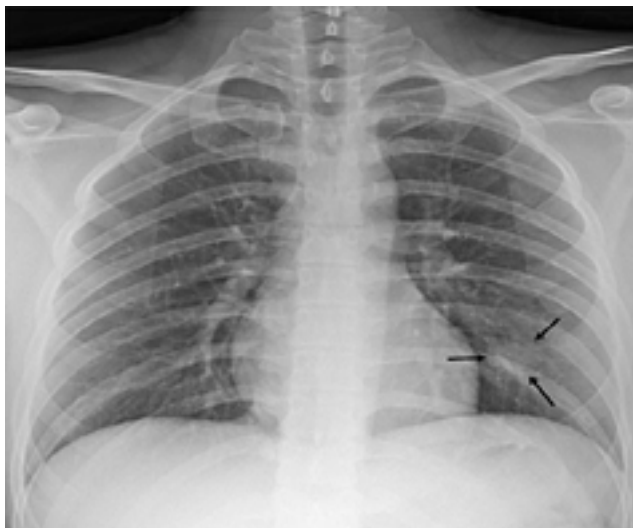
5-сурет. Кеуде қуысының анық бейнесі

Сандық түрде, біз 6-шы суретте көрсетілген гистограмма түрін көре аламыз. Гистограмма суретінен көріп отырғанымыздай, гистограмманың  $y$  осі бойымен реттелген сандардан жалпы кескінде 20 000-нан астам пиксель бар екенін көреміз. Ал  $x$  осі пиксель мәндерінің сандарымен көрсетіледі. Бұл гистограмманы пайдалана отырып, біз кеуде қуысының таза, ешбір аурумен ауырмағанын 6-шы суретте көрсетілгенін тексере аламыз.



6-сурет. Таза кеуде қуысының гистограммалық кескіні

Келесі 7-ші суретте пневмониямен зақымдалған кеуде қуысының рентгенографиялық кескіні көрсетілген. Алдыңғы алгоритм бойынша біз оны цифрлық марицаға айналдырып, бір жолды массивке айналдырамыз. 7-ші суретте көрсеткіш белгілер кеуденің қай аймағына әсер ететінін көрсетеді.



7-сурет. Ауру анықталған кеуде қуысы мүшелерінің рентгенографиясы

8-ші суретті цифрлық массивке айналдыра отырып, біз оны алдыңғы алгоритм арқылы гистограмма кескініне айналдырамыз. Гистограммада көріп отырғанымыздай ақ пикселдердің саны 50-ден 250-ге дейін жиі кездесетінін көреміз. Бұл рентген сәулелерінің бір денеден өтпеуіне байланысты. Анықталған ақшыл дақтар аурудың белгілері ретінде сипатталады.



8-сурет. Зақымданған кеуде қуысының гистограммасы

Android TensorFlow Lite құрылғысын терең үйрену. Нысанды анықтау үшін TensorFlow Lite кітапханасын пайдалану TensorFlow Lite мобильді құрылғыларға арналған жеңіл TensorFlow шешімі болып табылады.

TensorFlow Lite жақсырақ, себебі:

— TensorFlow Lite құрылғыңызда төмен кідіріспен терең оқытуды іске қосуға мүмкіндік береді. Сондықтан ол жылдам.

— TensorFlow Lite шағын екілік өлшемді алады. Сондықтан бұл мобильді құрылғылар үшін жақсы.

— TensorFlow Lite сонымен қатар Android Neural Networks API арқылы аппараттық жеделдетуді қолдайды.

TensorFlow Lite төмен кідіріске қол жеткізу үшін көптеген әдістерді пайдаланады, мысалы:

— Мобильді қосымшалар үшін ядроны оптимизациялау.

— Алдын ала біріктірілген белсендірулер.

— Кішірек және жылдамырақ үлгілерді алуға мүмкіндік беретін квантталған ядролар (бекітілген нүктелік математика).

TensorFlow Lite қолданбасын Android қолданбасында қалай пайдалануға болады.

TensorFlow Lite қолданбасын пайдаланудың ең маңызды және қиын бөлігі - дайындау кезінде әдеттегі TensorFlow (.tf) үлгісінен ерекшеленетін үлгіні пайдалану.

Модельді TensorFlow Lite көмегімен іске қосу үшін TensorFlow Lite қабылдайтын үлгіні пайдаланыңыз (.tflite). Түрлендіруді талап етеді. Осы жерден нұсқауларды орындаңыз.

Енді сізде үлгі (.tflite) және белгі файлы бар. Модельді жүктеу және TensorFlow Lite кітапханасының көмегімен нәтижені болжау үшін Android қолданбасында осы үлгіні және жапсырма файлдарын пайдалануды бастауға болады.

TensorFlow Lite — енгізілген және мобильді құрылғыларға арналған TensorFlow бағдарламасының жеңіл нұсқасы. Жақтаудың осы нұсқасымен оқытылған үлгілер ресурстарды аз тұтынады және аз орын қажет етеді. Осылайша, түпкілікті анықтау аз уақытты алады. Бұл өнімділікке балқыма алдындағы белсендіру және ядролық кванттау сияқты әдістер арқылы қол жеткізілді. Енгізілген жаңа техникалардан басқа.

TFLite құрылымы сонымен қатар FlatBuffers ашық бастапқы талдау кітапханасына негізделген жаңа үлгі файл пішімін анықтайды. Бұл TensorFlow протоколы пайдаланатын пішімге ұқсас буфер, бірақ оны өткізіп жіберу арқылы деректерге жылдамырақ және тиімдірек қол жеткізу үшін жақсартылған талдау/декомпрессия қадамы бар. Соңында, TFLite орындау уақытын қысқарту үшін кез келген қажетсіз жад бөлуді немесе инициализацияны болдырмайтын жаңа пайдаланушы аудармашысын пайдаланады. (TensorFlow nd, 1-бетте келтірілген) TFLite пайдалану үшін TensorFlow мобильді құрылғысы пайдаланатын үлгіні қайта оқытудың қажеті

жоқ, өйткені пайдаланушы тек ағымдағы үлгіні TOCO деп аталатын құралды пайдаланып түрлендіруі керек, соңында TensorFlow Lite алыңыз. FlatBuffer файлы. .

Өнімділік нәтижелерін көрсету үшін шатастыру матрицасы пайдаланылды. Матрица келесі элементтерден тұрады:

- шынайы оң (TP): COVID-19 дұрыс жіктелген жағдайларына жатады;
- жалған оң (FP): сау деп қате жіктелген COVID-19 жағдайларын білдіреді;
- шынайы теріс (TN): сау деп дұрыс жіктелген үлгілерге жатады;
- жалған теріс (FN): қате деп жіктелген COVID-19 жағдайларын білдіреді.

Матрица элементтері үлгі дәлдігін, негізділігін, еске түсіруін, F1 ұпайын, теріс болжау мәндерін және ерекшелігін өлшейді. (1) теңдеуде дәлдік – дұрыс анықталған COVID-19 жағдайларының барлық үлгілердегі сау жағдайларға қатынасы.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

(2) теңдеудегі дәлдік немесе оң болжамдық мән (PPV) COVID-19 ретінде жіктелген барлық үлгілерден алынған COVID-19 дұрыс анықталған жағдайларының қатынасы болып табылады.

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

(3) теңдеуде сезімталдық немесе еске түсіру дұрыс анықталған COVID-19 жағдайларының дұрыс анықталған COVID-19 және дұрыс емес жіктелген COVID-19 жағдайларының, яғни барлық бастапқы COVID-19 үлгілерінің қосындысының қатынасы болып табылады.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

(4) F1 теңдеуінде балл дәлдік пен еске түсіруді пайдаланатын модель дәлдігінің жалпы өлшемі болып табылады.

$$F1 - Score = 2 \left( \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall} \right) \quad (4)$$

(5) теңдеуде теріс болжамдық мән (NPV) сау жағдайлардың қатынасы болып табылады сау деп жіктелген барлық үлгілерден дұрыс анықталған

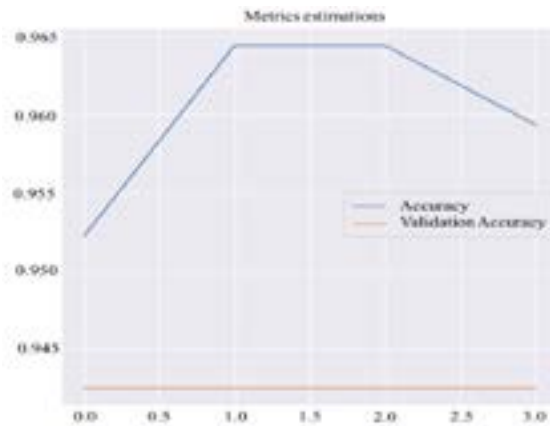
$$NPV = \frac{TN}{TN + FN} \quad (5)$$

(6) теңдеуде спецификация COVID-19 ретінде дұрыс анықталған сау және қате жіктелген сау жағдайлардың қатынасы болып табылады, яғни. барлық бастапқы сау үлгілердің қосындысынан дұрыс анықталған сау жағдайлар.

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP} \tag{6}$$

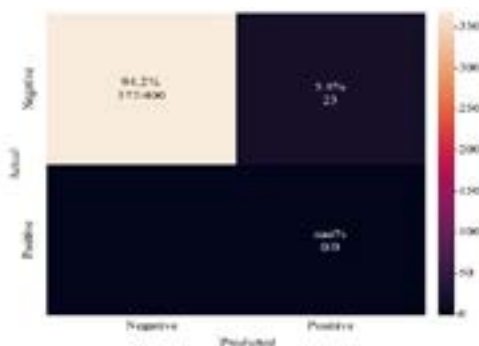
Соңында статистикалық маңыздылық сынағы қорытындылардың негізділігі мен сенімділігін бағалау үшін Wilcoxon символдық дәреже сынағы (екі жақты) арқылы орындалады. Бұл сынақта статистикалық маңыздылықты бағалау үшін p мәні анықталады.

CNN сынақ нұсқасының 30 итерациясы, 9-шы суреттегі процессі ең көп дегенде 95,65 % табыстылыққа ие.



9-сурет. Конволюционды нейрондық желіні оқыту процесінде графигті жазу

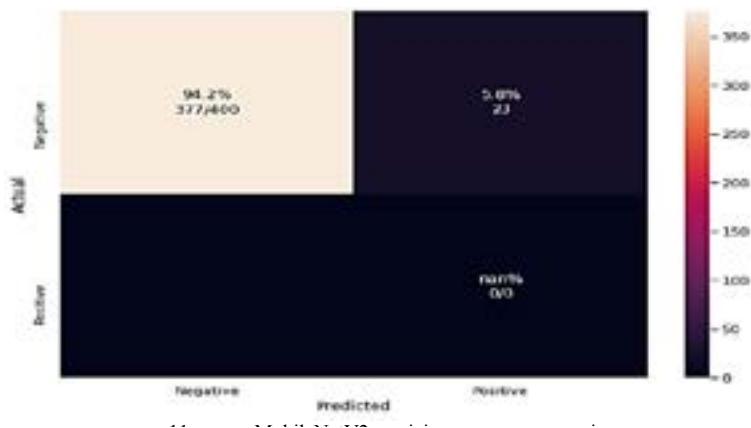
Үйретілген үлгіні сынау үшін 400 сызба ұсынылды, ал иллюстрацияланған үлгіден өткеннен кейін 10-шы суретте көрсетілген шаршы графикте салыстыру жүргізілді. Көріп отырғаныңыздай, суреттер жинағындағы 400 суреттің 377-нің кеудесі таза, бұл 94,2% құрайды. Позитивті текшеде орналасқан мәндерді ескере отырып, аурудың түрін анықтайтын кескіндер саны және пайыздық өлшем.



10-сурет. Модельді сынау нәтижелерінің салыстырмалы графигі

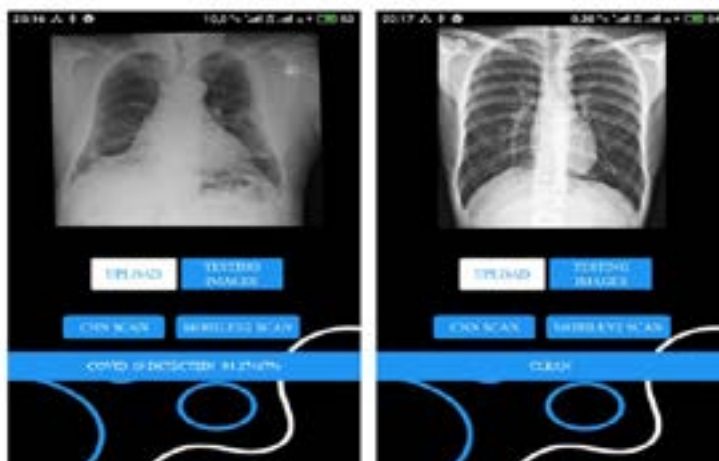


Дәл осындай нәтижені 11-ші суреттен көруге болады. MobileNetV2 желісі, тестілеу кезінде алынған 400 кескіннің 377-сі таза, ал қалған 23 сурет ауру кеуделер деп анықталды.



11-сурет. MobileNetV2 желісін тексеру нәтижесі

Екі әдісті қолдану барысында екеуі де ауруды анықтауда 100% дәлдік беріп, жоғары дәлдік көрсетті. Екі әдісті қолдана отырып, сүт безін тексеруге арналған мобильді қосымша әзірленді (12-сурет).



12-сурет. Кеуде қуысын тексеруге арналған топологиялық мобильді қосымша

### Deep Learning Android TensorFlow Lite

Нысанды анықтау үшін TensorFlow Lite кітапханасын пайдалану TensorFlow Lite мобильді құрылғыларға арналған жеңіл TensorFlow шешімі болып табылады.

TensorFlow Lite жақсырақ, себебі:

— TensorFlow Lite құрылғыңызда төмен кідіріспен терең оқытуды іске қосуға мүмкіндік береді. Сондықтан ол жылдам.

— TensorFlow Lite шағын екілік өлшемді алады. Сондықтан бұл мобильді құрылғылар үшін жақсы.

— TensorFlow Lite сонымен қатар Android Neural Networks API арқылы аппараттық жеделдетуді қолдайды.

TensorFlow Lite төмен кідіріске қол жеткізу үшін көптеген әдістерді пайдаланады, мысалы:

— Мобильді қосымшалар үшін ядроны оңтайландыру.

Алдын ала біріктірілген белсендірулер.

— Квантталған ядролар (бекітілген нүктелі математика), олар кішірек және жылдамырақ үлгілерді алуға мүмкіндік береді.

TensorFlow Lite қолданбасын Android қолданбасында қалай пайдалануға болады.

TensorFlow Lite қолданбасын пайдаланудың ең маңызды және қиын бөлігі - дайындау кезінде әдеттегі TensorFlow (.tflite) үлгісінен ерекшеленетін үлгіні пайдалану.

TensorFlow Lite көмегімен үлгіні іске қосу үшін TensorFlow Lite (.tflite) түрлендіруді қажет ететін үлгіні пайдаланыңыз. Осы жерден нұсқауларды орындаңыз.

Енді сізде үлгі (.tflite) және белгі файлы бар. Үлгіні жүктеп алу және TensorFlow Lite кітапханасының көмегімен нәтижені болжау үшін Android қолданбасында осы үлгіні және жапсырма файлдарын пайдалануды бастауға болады.

Кескін ерекшеліктерін алудың теориялық аспектілері мен математикалық әдістері қарастырылады. Терең оқыту әдістерін салыстыру жүргізілді және біздің тапсырмамызға ең қолайлысы таңдалды, біздің жағдайда бұл әдіс тірек векторлық терең болып шықты. Классификациялаушының жұмысы бағаланды.

Суретке морфологиялық операцияларды қолдану арқылы рентгенограммада өкпені анықтау алгоритмі жасалды.

Нақты мәселе бойынша апробация жүргізілді, бұл әдісті қолданудың тиімді екенін және медицина қызметкерлерінің жұмысын жеделдететінін көрсетті. Әрі қарайғы зерттеулер қол жеткізілген нәтижені жақсартуға, яғни кескінді екі класқа бөлудің дәлдігін арттыруға бағытталатын болады: норма және патология.

Алынған нәтижелерден жұмыста қолданылатын мәліметтерді өңдеу әдістері өкпе ауруларын диагностикалау тапсырмасының дәлдігін айтарлықтай жақсартуға алатынын көруге болады. Айта кету керек, талдау үшін пайдаланылатын нейрондық желілер биомедициналық кескіндерді жіктеу тапсырмасы үшін ең өзекті және оңтайландырылған, ал қарапайым

және ескірген архитектура жағдайында жұмыста қолданылатын әдістер сапаны айтарлықтай айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді. Дегенмен, осы нейрондық желілер мысалында да, алдын ала өңдеу қадамдарының алынған нәтижелерге әсерін және үлкен деректердің әрбір нақты жинағына жеке көзқарастың маңыздылығын көруге болады.

Алынған нәтижелерге сүйене отырып, ұсынылған тәсілді COVID-19 анықтау үшін кеуде қуысының рентгенографиясын жіктеу үшін медицина саласындағы көмекші әдістердің бірі ретінде пайдалануға болады деп айтуға болады. Терең оқытуды дәрігердің жүктемесін азайту, ішкі құрылымдарды анықтау және ауруларды ерте кезеңде диагностикалау және емдеу үшін алдын ала бағалау процесі ретінде пайдалануға болады. Төменгі тыныс алу жолдарының кез-келген ауруы ерте кезеңде анықталса, оны ауыр зардаптарсыз немесе одан әрі тіндердің зақымдануынсыз емдеуге болады.

### **Қорытынды**

Болашақ зерттеулерде еңсеруге болатын бірнеше шектеулер бар. Атап айтқанда, тереңірек талдау үшін пациенттер, әсіресе Ковид-19-мен ауыратындар туралы көбірек деректер қажет. Болашақ зерттеулер үшін қызықты әдіс пневмония белгілеріне қарағанда жеңіл симптомдары бар науқастарды ажыратуға бағытталған, бұл симптомдар рентгендік сәулелерде дәл көрінбеуі немесе мүлде көрінбеуі мүмкін.

Бұған қоса, бұл әдістерді ісік және қатерлі ісік, т.б. сияқты басқа медициналық мәселелерді шешу үшін, сондай-ақ жақын болашақта энергетика, ауыл шаруашылығы және көлік сияқты компьютерлік көрудің басқа салаларын шешу үшін қолдануға болады. COVID-19 бар науқастарды ерте диагностикалау аурудың басқаларға таралуын болдырмау үшін маңызды. Бұл мақалада COVID-19 (вирустық пневмония) пациенттерін бактериялық пневмония мен сау пациенттерден ажырату үшін трансферттік оқытуды қолдана отырып, CN негізіндегі терең оқыту әдісі ұсынылған. Трансферттік оқытуды зерттеу үшін алдын ала дайындалған 20 CNN моделі қолданылды және алдын ала дайындалған CNN үлгілерінің дәл баптауын 94,27% дәлдікпен сәтті анықтауға болады деген қорытындыға келді.

### **ӘДЕБИЕТТЕР**

Васильев А.Р., & Абрамов А.Н. 2018 — *Васильев А.Р., & Абрамов А.Н.* Нейрондық желілерге негізделген жасанды интеллект. Академия, (5 (32)), 15–17.

Вэй З., Лидонг Х., Джун В. и Зебин С. 2015 — *Вэй З., Лидонг Х., Джун В. и Зебин С.* Кескінді жақсарту үшін энтропияны максимизациялау гистограммасын өзгерту схемасы. IET кескінді өңдеу, 9(3), 226–235. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-ipt.2014.0347>.

Галушкин А.И. 2012 — *Галушкин А.И.* Нейрондық желілер. Теорияның негіздері. Монография.

Гонсалес Р. және Вудс Р. 2012 — *Гонсалес Р. және Вудс Р.* Сандық кескінді өңдеу.

Денисенко А.А. 2020 — *Денисенко А.А.* Түрлі түсті жүйелердегі кескіндерді жіктеуді тереңдету. Қолданбалы және іргелі зерттеулердің халықаралық журналы, (8), 42–47.

Кадури А., Николенко С. & Архангельская Е. 2018 — *Кадури А., Николенко С. & Архангельская Е.* Терең оқу. Нейрондық желілер әлеміне еніңіз. Санкт-Петербург: Петр, 480 ж.

Ким С.Э., Чон Джей Джей және Ом І.К. 2016 — *Ким С.Э., Чон Джей Джей және Ом І.К.*

Веллет доменіндегі энтропияны масштабтау арқылы кескін контрастын жақсарту. Сигналдарды өңдеу, 127, 1–11. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2016.02.016>.

Лаура Г. және Лун К.В., 2021 — *Лаура Г. және Лун К.В.* Терең күшейтілген оқыту: Python тіліндегі теория мен тәжірибе. «Баспа үйі» «Питер».

Лидонг Х., Вэй З., Джун В. и Зебин С. 2015 — *Лидонг Х., Вэй З., Джун В. и Зебин С.* Бейнені жақсартуға арналған адаптивті контрастпен шектелген гистограмма теңестіру және дискретті толқындық түрлендіру комбинациясы. IET Image Processing, 9(10), 908–915. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-ipr.2015.0150>.

Маурья Л., Махапатра П.К. және Кумар А. 2017 — *Маурья Л., Махапатра П.К. және Кумар А.* Контрасты арттыру және жарықтықты сақтау үшін кескінді біріктіруге әлеуметтік өрмекші онтайландырылған тәсіл. Қолданбалы жұмсақ есептеулер, 52, 575–592. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.10.012>.

Попов Н.Р. және Еремина Д.В. 2019 — *Попов Н.Р. және Еремина Д.В.* Нейрондық желілер және олардың қолданылуы. Ғылым мен экономиканың өзекті мәселелері: жаңа міндеттер мен шешімдерде (475–479 б.).

Реклер Е.Н. 2022 — *Реклер Е.Н.* ТЕРЕҢ ОҚУ КІТАПХАНАЛАРЫНА ШОЛУ. Экономика ғылымдарының кандидаты Светлана Александровна Бондарева, 69 жаста.

Тивари М., Гупта Б. және Шривастава М. 2015 — *Тивари М., Гупта Б. және Шривастава М.* Жарықтықты сақтау және контрасты жақсарту үшін квантильге негізделген жоғары жылдамдықты гистограмманы түзету. IET кескінді өңдеу, 9(1), 80–89. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-ipr.2013.0778>.

Шапович Е.Г. 2020 — *Шапович Е.Г.* Терең оқыту арқылы нысанды анықтау.

Чоллет Ф. 2018 — *Чоллет Ф.* Python тілінде терең білім алу. Питр.

#### REFERENCES

- Chollet F. 2018 — *Chollet F.* Deep learning in Python. Peter.
- Denisenko A.A. 2020 — *Denisenko A.A.* Deep learning for classifying images in different color systems. *International Journal of Applied and Basic Research*, (8), 42–47.
- Galushkin A.I. 2012 — *Galushkin A.I.* Neural networks. Fundamentals of the theory. Monograph.
- Gonzalez R. & Woods R. 2012 — *Gonzalez R. & Woods R.* Digital image processing.
- Kadurin A., Nikolenko S. & Arkhangelskaya E. 2018 — *Kadurin A., Nikolenko S. & Arkhangelskaya E.* Deep learning. Dive into the world of neural networks. St. Petersburg: Peter, 480.
- Kim S.E., Jeon J.J. & Eom I.K. 2016 — *Kim S.E., Jeon J.J. & Eom I.K.* Image contrast enhancement using entropy scaling in wavelet domain. *Signal Processing*, 127, 1–11. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2016.02.016>.
- Laura G. & Lun K.W. 2021 — *Laura G. & Lun K.W.* Deep Reinforcement Learning: Theory and Practice in Python. “Publishing House” “Peter”.
- Lidong H., Wei Z., Jun W. & Zebin S. 2015 — *Lidong H., Wei Z., Jun W. & Zebin S.* Combination of contrast limited adaptive histogram equalisation and discrete wavelet transform for image enhancement. *IET Image Processing*, 9(10), 908–915. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-ipr.2015.0150>.
- Maurya L., Mahapatra P.K. & Kumar A. 2017 — *Maurya L., Mahapatra P.K. & Kumar A.* A social spider optimized image fusion approach for contrast enhancement and brightness preservation. *Applied Soft Computing*, 52, 575–592. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.10.012>.
- Popov N.R. & Eremina D.V. 2019 — *Popov N.R. & Eremina D.V.* Neural networks and their application. In Current issues of science and economy: new challenges and solutions (Pp. 475–479).
- Rekler E.N. 2022 — *Rekler E.N.* OVERVIEW OF DEEP LEARNING LIBRARIES. Candidate of Economic Sciences Svetlana Aleksandrovna Bondareva, 69.
- Shapovich E.G. 2020 — *Shapovich E.G.* Object detection with deep learning.
- Tiwari M., Gupta B. & Shrivastava M. 2015 — *Tiwari M., Gupta B. & Shrivastava M.* High-speed quantile-based histogram equalisation for brightness preservation and contrast enhancement. *IET Image Processing*, 9(1), 80–89. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-ipr.2013.0778>.
- Vasiliev A.P. & Abramov A.H. 2018 — *Vasiliev A.P. & Abramov A.H.* Artificial intelligence based on neural networks. Academy, (5 (32)), 15–17.
- Wei Z., Lidong H., Jun W. & Zebin S. 2015 — *Wei Z., Lidong H., Jun W. & Zebin S.* Entropy maximisation histogram modification scheme for image enhancement. *IET Image Processing*, 9(3), 226–235. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-ipr.2014.0347>.

## МАЗМҰНЫ

<b>Ж.К. Абдугулова, Г.А. Ускенбаева, М.Н. Глеген, А.К. Шукирова</b> ҚҰБЫР ЖАБДЫҒЫНДА МАЙДЫ ҚЫЗДЫРУДЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСІН АВТОМАТТАНДЫРУ.....	5
<b>Ж.С. Авкурова, С. Гнатюк, Л.М. Кыдыралина, Н.К. Курмангалиева</b> АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕ ҚҰҚЫҚ БҰЗУШЫНЫ ЕРТЕ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ СӘЙКЕСТЕНДІРУДІҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ӘДІСІ.....	22
<b>А. Бекарыстанкызы, Ө. Ж. Мамырбаев</b> АГГЛЮТИНАТИВТІ ТІЛДЕРГЕ АРНАЛҒАН СӨЙЛЕУДІ АВТОМАТТЫ ТҮРДЕ ТАҢУ ЖҮЙЕСІ.....	37
<b>А.С. Еримбетова, Э.Н. Дайырбаева, Л. Черикбаева</b> БИКУБТЫҚ ИНТЕРПОЛЯЦИЯҒА НЕГІЗІНДЕ СУРЕТТЕРГЕ ЖАСЫРЫН АҚПАРАТТЫ ЕНГІЗУ.....	50
<b>М.Б. Есенова, Г.Б. Абдикеримова, А. Толстой, Ж.Б. Ламашева, А.А. Некесова</b> БИДАЙДАҒЫ АРАМШӨПТЕР ОШАҒЫН АНЫҚТАУ ҮШІН ТЕКСТУРАЛЫҚ БЕЛГІЛЕР ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ.....	64
<b>Л.З. Жолшиева, Т.К. Жукабаева, Ш. Тураев, М.А. Бердиева, Р.К. Сенгирбаева</b> НАҚТЫ УАҚЫТ РЕЖИМІНДЕ МЕДИАРИПЕ ЖӘНЕ SVM АРҚЫЛЫ ҚАЗАҚ ҰМ ТІЛІН ТАҢУ.....	82
<b>Ж.С. Иксебаева, К. Жетписов, А.Б. Медешова, И.М. Бапиев, Ж.Ж. Багисов</b> ҒАЛЫМДАРДЫҢ ҒЫЛЫМИ ЖОБАЛАР БОЙЫНША ГРАНТТЫҚ ҚАРЖЫЛАНДЫРУҒА ҚАТЫСУҒА ӨТІНІМДЕРІН ДАЙЫНДАУДЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІ.....	94
<b>А.А. Иманберді, Р.Н. Молдашева</b> ӘЛЕУМЕТТІК МЕДИА ТАРАТУ ҮЛГІЛЕРІНЕ ШОЛУ.....	107
<b>Г. Қалман, М.Ғ. Есмағанбет, М.М. Жаманкарин, А.И. Габдулина, Д.В. Плескачев</b> КЛАСТЕРЛЕУ ӘДІСІН ҚОЛДАНЫП КОРЕФЕРЕНЦИЯН ШЕШУ.....	121

<b>Қ.Т. Қырғызбай, Е.Х. Какимжанов</b> ГАЗ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ НЕГІЗІНДЕ АЛМАТЫ ОБЛЫСЫНЫҢ ГЕОДЕРЕКТЕР БАЗАСЫН ҚҰРУ ВІТСОІН ЖЕЛІСІНДЕГІ КҮДІКТІ ТРАНЗАКЦИЯЛАРДЫ АНЫҚТАУ.....	136
<b>Ш.Ж. Мусиралиева, М.Ж. Шайзат, А.К. Бекетова, Е. Абайұлы, А.Б. Манасова</b> ВІТСОІН ЖЕЛІСІНДЕГІ КҮДІКТІ ТРАНЗАКЦИЯЛАРДЫ АНЫҚТАУ.....	154
<b>А.Ұ. Мұхиядин, Ұ.Т. Махажанова, М.У. Мукашева, А.А. Муханова</b> АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙДА ҚАШЫҚТАН ОҚЫТУДА ЭКСПЕРИМЕНТТЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУ ҚҰРАЛЫ РЕТІНДЕ.....	170
<b>А.Б. Тоқтарова, Б.С. Омаров, Г.Н. Казбекова, С.А. Мамиков, Ф.Е. Темірбекова</b> ӘЛЕУМЕТТІК ЖЕЛІДЕГІ ҚАЗАҚ ТІЛДІ БЕЙӘДЕП СӨЗДЕР ҚОРЫН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДА ЖИНАҚТАУ.....	191
<b>А.Ә. Шекербек, Г.Б. Абдикеримова, Ж.Б. Ламашева, М.Г. Байбулова, А.К. Токкулиева</b> ТЕРЕҢ ОҚЫТУ АЛГОРИТМІМЕН РЕНТГЕНДІК КЕСКІННІҢ КЛАССИФИКАЦИЯСЫ.....	204
<b>Э.Э. Эльдарова</b> JPEG2000 ҚЫСУЫНАН KEЙІН ЦИФРЛІК БЕЙНЕЛЕРДІҢ ВИЗУАЛДЫ САПАСЫН ЖАҚСАРТУ.....	228

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Ж.К. Абдугулова, Г.А. Ускенбаева, М.Н. Глеген, А.К. Шукирова</b> АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОДОГРЕВА НЕФТИ НА ТРУБОПРОВОДНОМ ОБОРУДОВАНИИ.....	5
<b>Ж.С. Авкурова, С.А. Гнатюк, Л.М. Кыдыралина, Н.К. Курмангалиева</b> ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗИРОВАННЫЙ МЕТОД РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ НАРУШИТЕЛЯ В ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.....	22
<b>А. Бекарыстанқызы, О. Ж. Мамырбаев</b> ИНТЕГРАЛЬНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ СЛИТНОЙ РЕЧИ ДЛЯ АГГЛЮТИНАТИВНЫХ ЯЗЫКОВ.....	37
<b>А.С. Еримбетова, Э.Н. Дайырбаева, Л. Черикбаева</b> ВНЕДРЕНИЕ СКРЫТОЙ ИНФОРМАЦИИ В ИЗОБРАЖЕНИИ НА ОСНОВЕ БИКУБИЧЕСКОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ.....	50
<b>М.Б. Есенова, Г.Б. Абдикеримова, А. Толстой, Ж.Б. Ламашева, А.А. Некесова</b> ПРИМЕНИМОСТЬ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ТЕКСТУРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ОЧАГОВ СОРНЫХ ТРАВ ПШЕНИЦЫ.....	64
<b>Л.З. Жолшиева, Т.К. Жукабаева, Ш. Тураев, М.А. Бердиева, Р.К. Сенгирбаева</b> РАСПОЗНАВАНИЕ КАЗАХСКОГО ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MEDIAPIPE и SVM.....	82
<b>Ж.С. Иксебаева, К. Жетписов, А.Б. Медешова, И.М. Бапиев, Ж.Ж. Багисов</b> ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ ЗАЯВОК ДЛЯ УЧАСТИЯ В ГРАНТОВОМ ФИНАНСИРОВАНИИ УЧЕНЫХ ПО НАУЧНЫМ ПРОЕКТАМ.....	94
<b>А.А. Иманберді, Р.Н. Молдашева</b> ОБЗОР МОДЕЛЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ.....	107

<b>Г. Қалман, М.Ғ. Есмағанбет, М.М. Жаманқарин, А.Г. Габдулина, Д.В. Плескачев</b> РЕШЕНИЕ КОРЕФЕРЕНЦИИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА КЛАСТЕРИЗАЦИИ.....	121
<b>Қ.Т. Қырғызбай, Е.Х. Какимжанов</b> СОЗДАНИЕ БАЗЫ ГЕОДАНЫХ АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ О МЕТОДЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОДОЗРИТЕЛЬНЫХ ТРАНЗАКЦИЙ В БИТКОИН СЕТИ.....	136
<b>Ш.Ж. Мусиралиева, М.Ж. Шайзат, А.К. Бекетова, Е. Абайұл, А.Б. Манасова</b> О МЕТОДЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОДОЗРИТЕЛЬНЫХ ТРАНЗАКЦИЙ В БИТКОИН СЕТИ.....	154
<b>А.Ұ. Мұхиядин, У.Т. Махажанова, М.У. Мукашева, А.А. Муханова</b> ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СРЕДСТВО АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ ЭКСТРЕННОМ ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ.....	170
<b>А.Б. Токтарова, Б.С. Омаров, Г.Н. Казбекова, С.А. Мамиков, Ф.Е. Темирбекова</b> СБОР БАЗЫ ДАННЫХ О ЯЗЫКЕ НЕНАВИСТИ В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	191
<b>А.А. Шекербек, Г.Б. Абдикеримова, Ж.Б. Ламашева, М.Г. Байбулова, А.К. Токкулиева</b> КЛАССИФИКАЦИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ.....	204
<b>Э.Э. Эльдарова</b> УЛУЧШЕНИЕ ВИЗУАЛЬНОГО КАЧЕСТВА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОСЛЕ СЖАТИЕ JPEG2000.....	228



## CONTENTS

<b>J.K. Abdugulova, G.A. Uskenbayeva, M.N. Tlegen, A.K. Shukirova</b> AUTOMATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF HEATING OIL PIPELINE EQUIPMENT.....	5
<b>Z. Avkurova, S. Gnatyuk, L. Kydyralina, N. Kurmangaliev</b> THE INTELLECTUALIZED METHOD OF EARLY DETECTION AND IDENTIFICATION OF THE VIOLATOR IN INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEMS.....	22
<b>A. Bekarystankyzy, O. Zh. Mamyrbayev</b> INTEGRATED AUTOMATIC SPEECH RECOGNITION SYSTEM FOR AGGLUTINATIVE LANGUAGES.....	37
<b>A. Yerimbetova, E. Daiyrbayeva, L. Cherikbayeva</b> EMBEDDING HIDDEN INFORMATION IN IMAGES BASED ON BICUBIC INTERPOLATION.....	50
<b>M. Yessenova, G. Abdikerimova, A. Tolstoy, Zh. Lamasheva, A. Nekessova</b> APPLICABILITY OF TEXTURE IMAGE ANALYSIS METHODS FOR DETECTION OF WHEAT WEED POCKS.....	64
<b>L. Zholshiyeva, T. Zhukabayeva, Sh. Turaev, M. Berdieva, R. Sengirbayeva</b> REAL-TIME KAZAKH SIGN LANGUAGE RECOGNITION USING MEDIAPIPE AND SVM.....	82
<b>Zh.S. Ixebayeva, K. Jetpisov, A.B. Medeshova, I.M. Bapiyev , Zh.Zh. Bagisov</b> AN INFORMATION SYSTEM FOR THE PREPARATION OF APPLICATIONS FOR PARTICIPATION IN GRANT FUNDING OF SCIENTISTS IN SCIENTIFIC PROJECTS.....	94
<b>A. Imanberdi, R. Moldasheva</b> REVIEW OF MODELS OF DISSEMINATION OF INFORMATION IN SOCIAL NETWORKS.....	107
<b>G. Kalman, M.G. Esmaganbet, M.M. Zhamankarin, A.I. Gabdulina, D.V. Pleskachev</b> COREFERENCE SOLUTION USING THE CLUSTERING METHOD.....	121

<b>K. Kyrgyzbay, E. Kakimzhanov</b> CREATION OF A GEODATABASE OF ALMATY REGION BASED ON GIS TECHNOLOGIES.....	136
<b>Sh. Mussiraliyeva, M. Shaizat, A. Beketova, Y. Abayuly, A. Manassova</b> IDENTIFICATION OF SUSPICIOUS TRANSACTIONS IN THE BITCOIN NETWORK.....	154
<b>A. Mukhiyadin, U. Makhazhanova, M. Mukasheva, A. Mukhanova</b>  INFORMATION TECHNOLOGIES AS A MEANS OF EXPERIMENTAL DATA ANALYSIS IN EMERGENCY DISTANCE LEARNING.....	170
<b>A.B. Toktarova, B.S. Omarov, G.N. Kazbekova, S.A. Mamikov, F.E. Temirbekova</b> COLLECTING HATE SPEECH DATABASE ON SOCIAL NETWORK IN KAZAKH LANGUAGE BY USING MACHINE LEARNING.....	191
<b>A. Shekerbek, G. Abdikerimova, Zh. Lamasheva, M. Baibulova, A. Tokkulyeva</b> CLASSIFICATION OF X-RAY IMAGES USING THE DEEP LEARNING ALGORITHM.....	204
<b>E.E. Eldarova</b> IMPROVING THE VISUAL QUALITY OF DIGITAL IMAGES AFTER JPEG2000 COMPRESSION.....	228

**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](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://www.nauka-nanrk.kz)**

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

**ISSN 2518-1726 (Online),**

**ISSN 1991-346X (Print)**

Заместитель директор отдела издания научных журналов НАН РК *Р. Жалиқызы*

Редакторы: *М.С. Ахметова, Д.С. Аленов*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 30.03.2023.

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

15,5 п.л. Тираж 300. Заказ 1.