

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



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

# Х А Б А Р Л А Р Ы

---

---

**ИЗВЕСТИЯ**

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН»

**N E W S**

OF THE NATIONAL ACADEMY  
OF SCIENCES OF THE REPUBLIC  
OF KAZAKHSTAN

**SERIES OF PHYSICS AND MATHEMATICS**

**1 (353)**

**JANUARY – MARCH 2025**

**PUBLISHED SINCE JANUARY 1963**

**PUBLISHED 4 TIMES A YEAR**

**ALMATY, NAS RK**

#### БАС РЕДАКТОР:

**МҮТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

#### РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

**ҚАЛИМОЛДАЕВ Максат Нұрәділұлы**, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының кеңесшісі, зертхана меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

**МАМЫРБАЕВ Өркен Жұмажанұлы** (ғалым хатшы), Ақпараттық жүйелер саласындағы техника ғылымдарының (PhD) докторы, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

**БАЙГҮНЧЕКОВ Жұмаділ Жанабайұлы**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, Сәтбаев университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

**ВОЙЧИК Вальдемар**, техника ғылымдарының докторы (физ-мат), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

**СМОЛАРЖ Анджей**, Люблин политехникалық университетінің электроника факультетінің доценті (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56249263000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1268523>

**КЕЙЛАН Әлімхан**, техника ғылымдарының докторы, профессор (ғылым докторы (Жапония)), ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» бас ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

**ХАЙРОВА Нина**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» бас ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=37461441200>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1768515>

**ОГМАН Мохаммед**, PhD, Информатика, Коммуникациялық технологиялар және желілер кафедрасының профессоры, Путра университеті Малайзия (Селангор, Малайзия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56036884700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/747649>

**НЫСАНБАЕВА Сауле Еркебұланқызы**, техника ғылымдарының докторы, доцент, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» аға ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

**БИЯШЕВ Рустам Гакашевич**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Информатика және басқару мәселелері институты директорының орынбасары, Ақпараттық қауіпсіздік зертханасының меңгерушісі (Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

**КАПАЛОВА Нұрсұлу Алдажарқызы**, техника ғылымдарының кандидаты, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты», Киберқауіпсіздік зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191242124>,

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина Ұлттық Ғылым академиясының академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/38481396>

**МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь Ұлттық Ғылым академиясының академигі (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

**ТИГИНЯНУ Ион Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математика сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **28.02.2025** ж. берген №**KZ20VPY00113741** Куәлік.

Тақырыптық бағыты: *ақпараттық-коммуникациялық технологиялар*

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

Мерзімділігі: *жылына 4 рет.*

Редакцияның мекен-жайы: *050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19*

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

© «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ, 2025

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

**МУТАНОВ Галимканр Мутанович**, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

## 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), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

**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), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

**БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич**, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, Университет Саппаева (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

**ВОЙЧИК Вальдемар**, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

**СМОЛАРЖ Анджей**, доцент факультета электроники Люблинского политехнического университета (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56249263000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1268523>

**КЕЙЛАН Алимхан**, доктор технических наук, профессор (Doctor of science (Japan)), главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

**ХАЙРОВА Нина**, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=37461441200>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1768515>

**ОТМАН Мохамед**, доктор философии, профессор компьютерных наук, Департамент коммуникационных технологий и сетей, Университет Путра Малайзия (Селангор, Малайзия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56036884700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/747649>

**НЫСАНБАЕВА Сауле Еркебулановна**, доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

**БИЯШЕВ Рустам Гакашевич**, доктор технических наук, профессор, заместитель директора Института проблем информатики и управления, заведующий лабораторией информационной безопасности (Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

**КАПАЛОВА Нурсулу Алдажаровна**, кандидат технических наук, заведующий лабораторией кибербезопасности РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191242124>,

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/38481396>

**МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович**, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

**ТИГИНЯНУ Ион Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

---

**«Известия НАН РК. Серия физико-математическая».**

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

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

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

Свидетельство о постановке на переучет периодического печатного издания, информационного агентства и сетевого издания № **KZ20VPU00113741**. Дата выдачи **28.02.2025**

Тематическая направленность: *информационно-коммуникационные технологии.*

В настоящая время: *вошел в список журналов, рекомендованных КОКШВО МНВО РК по направлению «информационно-коммуникационные технологии».*

Периодичность: *4 раза в год.*

Адрес редакции: *050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19*  
<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан», 2025

#### 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), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

#### 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), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

**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), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

**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), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

**WOICIK Waldemar**, Doctor of Technical Sciences (Phys.-Math.), Professor of the Lublin University of Technology (Lublin, Poland), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

**SMOLARJ Andrej**, Associate Professor Faculty of Electronics, Lublin polytechnic university (Lublin, Poland), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56249263000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1268523>

**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), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

**KHAIROVA Nina**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=37461441200>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1768515>

**OTMAN Mohamed**, PhD, Professor of Computer Science Department of Communication Technology and Networks, Putra University Malaysia (Selangor, Malaysia), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56036884700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/747649>

**NYSANBAYEVA Saule Yerkebulanovna**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

**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), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

**KAPALOVA Nursulu Aldazharovna**, Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory cybersecurity, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191242124>,

**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), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/38481396>

**MIKHALEVICH Alexander Alexandrovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

**TIGHINEANU Ion Mihailovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

---

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

##### Series of Physics and Mathematics

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty).

Certificate No. **KZ20VPY00113741** on the re-registration of the periodical printed and online publication of the information agency, issued on **28.02.2025** by the Republican State Institution «Information Committee» of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan

Subject area: *information and communication technologies.*

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

Periodicity: *4 times a year.*

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

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

**A. Yerimbetova<sup>1,3</sup>, M. Sambetbayeva<sup>1,2</sup>, E. Daiyrbayeva<sup>1,3</sup>, B. Sakenov<sup>1</sup>,  
U. Berzhanova<sup>1,4</sup>, 2025.**

<sup>1</sup>Institute of Information and Computational Technologies of the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Satbayev University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>4</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [nurbekkyzy\\_e@mail.ru](mailto:nurbekkyzy_e@mail.ru)

## **CREATING A MODEL FOR RECOGNIZING THE KAZAKH SIGN LANGUAGE USING THE DEEP LEARNING METHOD**

**Yerimbetova Aigerim** – PhD, Candidate of Technical Science, Associate Professor, Leading Researcher of Institute of Information and Computational Technologies CS MSHE RK, Almaty, Kazakhstan; Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, [aigerian8888@gmail.com](mailto:aigerian8888@gmail.com), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2013-1513>;

**Sambetbayeva Madina** – PhD, Associate Professor at L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; Leading Researcher of Institute of Information and Computational Technologies CS MSHE RK, Almaty, Kazakhstan, [madina\\_jgtu@mail.ru](mailto:madina_jgtu@mail.ru); ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9358-1614>;

**Daiyrbayeva Elmira** – Master's degree, researcher of Institute of Information and Computing Technologies, Almaty, Kazakhstan; senior lecturer of Software Engineering department of Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, [nurbekkyzy\\_e@mail.ru](mailto:nurbekkyzy_e@mail.ru); ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4255-5456>;

**Sakenov Bakzhan** – Master's degree in computer science, software engineer Institute of Information and Computing Technologies, Almaty, Kazakhstan, [sbakzhan22@gmail.com](mailto:sbakzhan22@gmail.com); ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9849-6176>;

**Berzhanova Ulmeken** – doctoral student of the 1st year of specialty 8D06101-Information systems Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; Junior researcher of the Institute of Information and computing technologies of the Ministry of education and Science Of The Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan, [berzhanovaulmekenn@gmail.com](mailto:berzhanovaulmekenn@gmail.com); ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-2467-5721>.

**Abstract:** The main goal of the research is to analyze the effectiveness of deep neural networks for recognizing Kazakh sign language. This study is aimed at improving methods for recognizing Kazakh sign language using modern technologies.

The objective of the research is to process gestures and images representing the 42 letters of Kazakh sign language and classify them accurately using convolutional neural networks (CNN). The developed model is capable of recognizing hand gestures in real-time through a camera. Gesture recognition systems in the field of artificial intelligence are still in the active research and development stage, so this model is considered an important step in this direction. In particular, the development of a system that aligns with the characteristics of the Kazakh language helps preserve national cultural heritage. Additionally, this technology can be used to enhance communication opportunities for people with hearing and speech impairments. The results of the study revealed limitations in the current configuration of the model, including low levels of accuracy and completeness for many classes. This may be due to data imbalance, suboptimal model architecture, and insufficient tuning of the training parameters. To address these issues, it is important to use data balancing methods, improve the model architecture, and enhance data quality. Furthermore, collecting additional data, using data augmentation methods, and optimizing neural network parameters are crucial areas of the research. During the study, a dataset for recognizing the features of Kazakh sign language gestures was created, based on which the model was trained.

**Key words:** artificial intelligence, deep learning, Kazakh sign language recognition, Dactyl recognition, convolutional neural networks.

**А.С. Еримбетова<sup>1,3</sup>, М.А. Сәмбетбаева<sup>1,2</sup>, Э.Н. Дайырбаева<sup>1,3</sup>,  
Б.Е. Сәкенов<sup>1</sup>, У.Г. Бержанова<sup>1,4</sup>, 2025.**

<sup>1</sup>Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан;

<sup>3</sup> Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті,  
Алматы, Қазақстан;

<sup>4</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: nurbekkyzy\_e@mail.ru

## **ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТАНУҒА АРНАЛҒАН МОДЕЛЬ ҚҰРУ**

**Еримбетова Айгерим Сембековна** – PhD, техн. ғылым. Кандидаты, қауымдастырылған профессор, ҚР ҒЖБМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институтының жетекші ғылыми қызметкері, Қазақстан, Алматы; Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Алматы, Қазақстан, aigerian8888@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2013-1513>;

**Сәмбетбаева Мадина Аралбаевна** – PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің доценті, Қазақстан, Астана; ҚР ҒЖБМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институтының жетекші ғылыми қызметкері, Қазақстан, Алматы; madina\_jgtu@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9358-1614>;

**Дайырбаева Эльмира Нурбекқызы** – магистр, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университетінің бағдарламалық инженерия кафедрасының аға оқытушысы, Қазақстан, Алматы; ҚР ҒЖБМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институтының

ғылыми қызметкері, Қазақстан, Алматы, Шевченко 28; nurbekkyzy\_e@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4255-5456>;

**Сакенов Бакжан Ерланұлы** – магистр, ҚР ҒЖБМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институтының инженер-программисті, Қазақстан, Алматы; sbakzhan22@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9849-6176>;

**Бержанова Улмекен Габитқызы** – Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің 8D06101 – Ақпараттық жүйелер мамандығының 1-курс докторанты; ҚР ҒЖБМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институтының кіші ғылыми қызметкері, Қазақстан, Алматы, berzhanovaulmekenn@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-2467-5721>.

**Аннотация.** Қазақ ым тілін тану үшін терең нейрондық желілердің тиімділігін талдау зерттеудің басты мақсаты болып табылады. Бұл зерттеу қазақ ым тілін заманауи технологияларды қолдану арқылы тану әдістерін жетілдіруге бағытталған. Зерттеудің міндеті – қазақ ым тілінің 42 әрпін білдіретін ым-ишара қимылдар мен кескіндерді өңдеу және оларды дәл жіктеу үшін конволюциялық нейрондық желілерді (CNN) қолдану. Құрылған модель нақты уақыт режимінде камера арқылы қол қимылдарын тануға қабілетті.

Жасанды интеллект саласындағы қол қимылдарын танудың кешенді жүйесі әлі де белсенді зерттелу және әзірлеу кезеңінде болғандықтан, бұл модель осы бағыттағы маңызды қадам ретінде қарастырылуда. Әсіресе, қазақ тілінің ерекшеліктеріне сәйкес келетін жүйені әзірлеу – ұлттық мәдени мұраны сақтауға ықпал етеді. Бұдан бөлек, бұл технологияны есту және сөйлеу қабілеті нашар адамдардың қарым-қатынас мүмкіндіктерін кеңейту үшін пайдалануға болады. Зерттеу нәтижелері модельдің ағымдағы конфигурациясындағы шектеулерді көрсетті, соның ішінде көптеген сыныптар үшін дәлдік пен толықтық деңгейінің төмен болуы. Мұның себебі деректер жиынының теңгерімсіздігі, таңдалған модель архитектурасының оңтайлы болмауы, сондай-ақ оқыту параметрлерінің жеткіліксіз реттелуінен болуы мүмкін.

Бұл қиындықтарды шешу үшін деректерді теңестіру әдістерін қолдану, модель архитектурасын жетілдіру және деректер сапасын арттыру маңызды. Сонымен қатар, қосымша деректерді жинау, деректерді ұлғайту әдістерін қолдану және нейрондық желінің параметрлерін оңтайландыру зерттеудің маңызды бағыттары болып табылады. Зерттеу барысында қазақ ым тілінің қол қимылдары ерекшеліктерін тануға арналған деректер жиыны құрылып, оның негізінде модельді оқыту жүргізілді.

**Түйін сөздер:** жасанды интеллект, терең оқыту, қазақ ым тілін тану, дактильді тану, конволюциялық нейрондық желілер.

*Алғыс: Бұл зерттеу Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылды (Грант № BR24992875).*

**А.С. Еримбетова<sup>1,3</sup>, М.А. Самбетбаева<sup>1,2</sup>, Э.Н. Дайырбаева<sup>1,3</sup>,  
Б.Е. Сакенов<sup>1</sup>, У.Г. Бержанова<sup>1,4</sup>, 2025.**

<sup>1</sup>Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК,  
Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Евразийский университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан;

<sup>3</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан;

<sup>4</sup>Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан.  
E-mail: nurbekkyzy\_e@mail.ru

## **СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ КАЗАХСКОГО ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ**

**Еримбетова Айгерим Сембековна** – PhD, к.т.н., ассистент профессор, ведущий научный сотрудник Института информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, Алматы, Казахстан, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан, E-mail: aigerian8888@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2013-1513>;

**Самбетбаева Мадина Аралбаевна** – PhD, доцент Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, Астана, ведущий научный сотрудник Института информационных и вычислительных технологий Комитета науки Министерства образования и науки РК, Казахстан, Алматы, E-mail: madina\_jgtu@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9358-1614>;

**Дайырбаева Эльмира Нурбеккызы** – магистр, старший преподаватель кафедры Программной инженерии Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан, научный сотрудник Института информационных и вычислительных технологий Комитета науки Министерства образования и науки РК, Алматы, Казахстан, E-mail: nurbekkyzy\_e@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4255-5456>;

**Сакенов Бакжан Ерланулы** – магистр, инженер-программист Института информационных и вычислительных технологий Комитета науки Министерства образования и науки РК, Алматы, Казахстан, E-mail: sbakzhan22@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9849-6176>;

**Бержанова Улмекен Габиткызы** – докторант 1-го курса по специальности 8D06101 – Информационные системы Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, младший научный сотрудник Института информационных и вычислительных технологий Комитета науки Министерства образования и науки РК, Алматы, Казахстан, E-mail: berzhanovaulmekenn@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-2467-5721>.

**Аннотация.** Основной целью исследования является анализ эффективности глубоких нейронных сетей для распознавания казахского жестового языка. Это исследование направлено на совершенствование методов распознавания казахского жестового языка с использованием современных технологий. Задача исследования — обработка жестов и изображений, представляющих 42 буквы казахского жестового языка, и их точная классификация с использованием сверточных нейронных сетей (CNN). Созданная модель способна распознавать жесты рук в реальном времени с помощью камеры.

Сложные системы распознавания жестов в области искусственного



интеллекта все еще находятся на стадии активных исследований и разработки, поэтому эта модель рассматривается как важный шаг в данном направлении. Особенно разработка системы, соответствующей особенностям казахского языка, способствует сохранению национального культурного наследия. Кроме того, эта технология может быть использована для расширения возможностей общения людей с ограниченными возможностями слуха и речи.

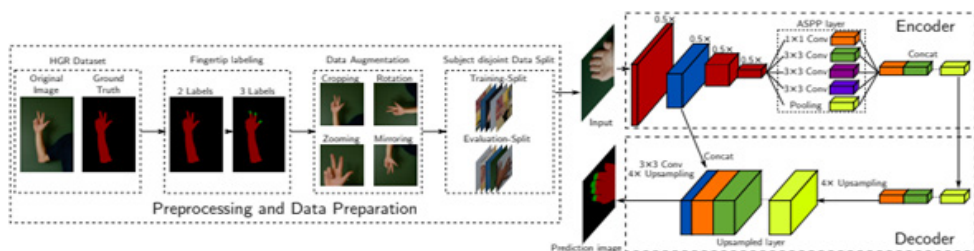
Результаты исследования показали ограничения текущей конфигурации модели, включая низкий уровень точности и полноты для множества классов. Причиной этого могут быть дисбаланс в данных, неоптимальная архитектура выбранной модели, а также недостаточная настройка параметров обучения. Для решения этих проблем важно использовать методы балансировки данных, улучшить архитектуру модели и повысить качество данных. Кроме того, сбор дополнительных данных, использование методов увеличения данных и оптимизация параметров нейронной сети являются важными направлениями исследования. В ходе исследования была собрана база данных для распознавания особенностей жестов казахского жестового языка, на основе которой проводилось обучение модели.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, глубокое обучение, распознавание казахского жестового языка, распознавание дактиля, сверточные нейронные сети.

**Кіріспе.** Ым-ишараны тану – есту қабілеті бұзылған адамдар үшін коммуникациялық технологияларды жетілдіруге бағытталған зерттеудің маңызды бағыты болып табылады, себебі бұл технологиялар оларды қоғаммен байланыста болуға, ақпарат алмасуға және әлеуметтік интеграцияны арттыруға мүмкіндік береді (Амангелді, 2020). Сурдоаударма қимылдарын тиімді тану бірнеше маңызды мәселелерді, соның ішінде деректердің теңгерімсіздігі, әртүрлі жағдайларда жоғары дәлдікті қамтамасыз ету қажеттілігі және жүйенің сенімділігін арттыру қажеттілігін туындатады. Бұл факторлар зерттеуді одан әрі тереңдетуді және жаңа шешімдерді іздеуді талап етеді. Бұл мәселелерді шешу инклюзивті коммуникациялық шешімдерді дамытуға және саңырау мен нашар еститін қауымдастықтардың өзара әрекеттесу сапасын арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, олардың қоғамда толыққанды интеграциялануына және әлеуметтік қатынастарын нығайтуға оң әсер етеді (Амангелді, т.б., 2020).

Осы саладағы көптеген зерттеулер, мысалы, (Priesnitz, et al., 2021; Ur Rehman, et al., 2021; Govalkar, et al., 2020), терең оқыту әдістері үлкен деректер жиынтығынан маңызды ерекшеліктерді автоматты түрде анықтай отырып, дәлдікті арттырады және күрделі тапсырмаларды шешуге мүмкіндік береді. Бұл әдістер визуализация, кеңістіктік-уақыттық ақпараттарды өңдеу, және модальдық сәйкестендіру сияқты ерекшеліктерге әсер етеді. Бірінші зерттеу DeepLabv3+ моделін қолдану арқылы саусақ ұштарын дәл сегментациялауға қол жеткізеді, бұл әсіресе гетерогенді фонды бар суреттерде жоғары дәлдікті

қамтамасыз етеді. 1-суретте көрсетілгендей DeepLabv3+ моделі негізінде семантикалық сегментация әдістемесі қолданылып, қол қимылдарын тану дерекқорымен кеңейтілген. Артықшылығы – түс негізіндегі әдістерге қарағанда сенімдірек әрі тұрақты сегментациялауды қамтамасыз ету. Екінші жұмыс 3D-CNN және LSTM үйлесімін қолданады, себебі бұл архитектура бейнелерден кеңістіктік-уақыттық ерекшеліктерді тиімді түрде алып, бейнелердегі қимылдардың реттілігін дәл анықтауға мүмкіндік береді. Бір архитектура тек кеңістіктік немесе уақыттық ақпаратты тиімді өңдей алмағандықтан, үйлесім қажет етеді. Соңғы зерттеу терең оқыту әдістерінің визуалдық және мәтіндік модальдарды сәйкестендіруде қалай көмектесетінін түсіндіреді. CVT-SLR әдісі визуалды және тілдік ақпараттарды тиімдірек түрде сәйкестендіруге көмектесіп, оқыту нәтижелерін жақсартады, бұл әсіресе деректер көлемі жеткіліксіз болғанда тиімді болып келеді. Терең оқыту әдістерінің қолданылуы деректерден алынатын ерекшеліктердің дәлдігі мен олардың тиімді сәйкестендірілуіне айтарлықтай әсер етеді, бұл әртүрлі жағдайларда жоғары нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді.



1-сурет. Deep Lab v3 + қол қимылдарын тану: тері негізіндегі деректер мен сегментация құрылымына негізделген

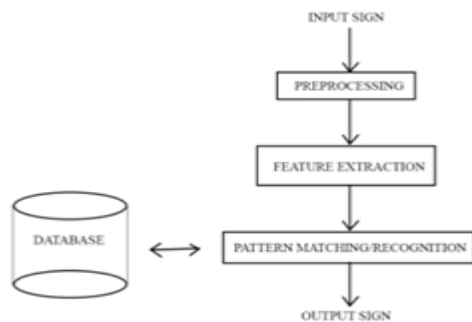
Бұл тілін тануда трансформациялау әдістерінің басты ерекшеліктері танудың дәлдігі, жылдамдығы және ресурстарды үнемдеу болып табылады (Zheng, et al., 2023; Voskou, et al., 2023; Hampiholi, et al., 2023; Montazerin, et al., 2023). Әдістердің өнімділігі көбінесе деректер жинағының сапасына, қолданылатын алгоритмдерге және модельдің оқытылу тәсіліне байланысты. Сонымен қатар, статикалық және динамикалық қимылдарды тану тәсілдері бір-бірінен ерекшеленеді: статикалық қимылдарды тану қарапайым болса, динамикалық қимылдарда қозғалыс пен уақыт факторлары ескерілгендіктен қиын болып келеді. Алғашқы зерттеуде статикалық және динамикалық қимылдарды нақты уақыт режимінде тану үшін бірнеше әдіс талқыланған. 2-суретте көрсетілгендей статикалық және динамикалық қимылдарды тану әдістері зерттеліп, нақты уақытта қолданылатын бірнеше тиімді әдіс ұсынылған. Әдістің артықшылығы – нақты уақытта тану тиімділігін арттыру үшін ұсынылған әдістердің жақсы құрылымдалғандығында. Зерттеушілер нақты уақыт режиміндегі тану тиімділігін жетілдірудің әртүрлі жолдарын қарастырып, статикалық және динамикалық қимылдар үшін нақты мысалдар

келтірген. Әдістің артықшылығы – осы екі типтегі қимылдарды тану үшін бейімделген алгоритмдер ұсынуында және олардың тиімділігін арттыру тәсілдерінде.

Келесі зерттеуде грек ым тілінің деректер жинағы (29 653 видео-аударма жұптары) қолданылады, ол грек бастауыш мектебінің ресми бағдарламасына негізделген. Бұл жаңа деректер жинағы SLT (Automatic Sign Language Translation) зерттеулеріне жаңа мүмкіндіктер ұсынады, себебі ол әртүрлі тақырыптарды қамтиды және аударманың шынайы өмірдегі мәнін арттырады. Бұл деректер жинағы қазіргі заманғы трансформатор негізіндегі әдістерді оқыту үшін қолданылады және SLT зерттеулерін жақсартуға мүмкіндік береді. Осы деректердің жан-жақты болуы және SLT зерттеулеріндегі шектеулерді жоюы оның нәтижелігін көрсеткен.

Кейінгі үшінші кеңістіктік-уақыттық ақпаратты көп модалды видео негізінде тану үшін Convolutional Transformer Fusion Blocks (CTFB) ұсынылған. Бұл әдіс бірнеше деректер жинағында (IsoGD, NVGesture, IPN hand) жоғары немесе бәсекеге қабілетті нәтижелер көрсеткен. CTFB жергілікті және жаһандық ерекшеліктерді қамтып, көп деңгейлі біріктіру жолдарын ұсынады, нәтижесінде модельдің жалпы тану дәлдігі артады. Бұл әдістің өнімділігі бірқатар факторлармен жақсарған: жергілікті ерекшеліктерді жинау және әртүрлі модальді ақпаратты біріктіру арқасында. Төртінші мақалада CT-HGR (Compact Transformer-based Hand Gesture Recognition) негізделген жаңа құрылым ұсынылған. Бұл әдіс жоғары тығыздықтағы беткі EMG (HD-sEMG) сигналдарын қолданып, статикалық және динамикалық қимылдарды тану мақсатында қолданылады. Әдіс көп арналы электродтар мен әртүрлі терезе өлшемдерін қолдану арқылы нәтижелерді жақсартып, қол протездерінде нақты уақыттағы тану тапсырмаларын шешуге арналған. Бұл әдістің артықшылығы — жеңіл әрі тиімді болуы, аз параметрлермен жұмыс істеп, жақсы нәтижелер көрсетуі.

Бұл жұмыстар әртүрлі деректер жинақтары мен әдістерді қолдану арқылы қол жетімді нәтиже көрсетуге мүмкіндік береді. Әр әдіс нақты тапсырмаға бейімделген және деректерді жинақтау, өңдеу мен моделдеуді оңтайландыру арқылы тану жүйелерінің тиімділігін арттырады.



2–сурет. Ұсынылған жүйенің негізгі архитектурасы

Sharma et al., (2020), Naq et al., (2023), Dong et al., (2021) мақалаларында қолданылған әдістер әр түрлі, олардың ішінде Histogram of Gradients (HOG), Local Binary Patterns (LBP), Principal Component Analysis (PCA), Canny Edge Detection, ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) бар. Бұл әдістер деректерді алдын ала өңдеу, ерекшеліктерді шығару және классификациялауда қолданылады.

Алғашқы еңбекте ORB арқылы ерекшеліктерді алу мен «bag of words» әдісі қолданылған. Бұл әдіс түрлі алдын ала өңдеу техникаларымен салыстырғанда, әсіресе Naïve Bayes, Logistic Regression, және KNN классификаторларымен жақсы нәтиже көрсеткен. Артықшылығы – ORB ерекшеліктерді алу мен канни шеткі анықтау әдістерінің тиімділігін көрсетіп, жоғары дәлдікке қол жеткізді.

Ұсынылған екіншісі жұмыста CNN негізіндегі жүйе қолдың бейнесін сегментациялау, ерекшеліктерін алу және оларды жіктеу бойынша үш негізгі кезеңге бөлінген. CNN модельдерінің артықшылығы бейнежазбалар мен суреттердегі ерекшеліктерді тиімді түрде анықтап, тануға мүмкіндік береді, сонымен бірге мұнда жақсы көрсеткіштерді (дәлдік, сезімталдық, спецификалық) берді. Артықшылығы – CNN архитектурасының суретке негізделген тапсырмаларға тиімді қолданылуы.

Ал үшінші мақалада 5-D кеңістік (диапазон, Доплер, азимут, көтерілу бұрышы) негізінде ерекшеліктерді алу әдісі қолданылған. Әдістің артықшылығы – бұл кеңістікте уақыт бойынша өзгерістерді бақылай отырып, қимылдардың геометриялық трансформацияларын қамтиды және жаһандық уақыт-кеңістік қатынастарын зерттейді, нәтижесінде жоғары тану деңгейіне қол жеткізеді.

Берілген әдістердің әрқайсысы сенсорлық және бейнелерді өңдеуде белгілі бір артықшылықтарға ие, бірақ әртүрлі архитектуралар мен ерекшелік алу тәсілдерінің комбинациясы олардың тиімділігін айтарлықтай арттыра алады, әсіресе қол қозғалыстарын тануда жоғары дәлдікке жету үшін.

Tsiganos et al., (2021), Colli Alfaro & Trejos, (2022) зерттеулерінде MSHilbNet, VGGNet, DenseNet, SqueezeNet және Adaptive Least-Squares Support Vector Machine (LS-SVM) архитектуралары қолданылды, олардың әрқайсысы сұлбалы электромиография сигналдарын классификациялау дәлдігін арттыруда және пайдаланушыға тәуелсіз интерфейстерді дамытуда маңызды рөл атқарды. Бірінші жұмыста сұлбалы электромиография (sEMG) сигналдарын бейнелерге айналдыру үшін Хилберт криволинейкалық әдіс қолданылған, ал ұсынылған архитектуралар VGGNet, DenseNet және SqueezeNet болды. Көп деңгейлі Хилберт криволинейкасын пайдалану арқасында MSHilbNet архитектурасы классикалық нейрон желілерімен салыстырғанда жақсы нәтиже көрсеткен.

Екінші жұмыста EMG және инерциялық өлшеу бірліктері (IMU) деректерін біріктіріп, пайдаланушыға тәуелсіз қимылдарды тану әдісі әзірленді. EMG және IMU деректерінің үйлесімі классификацияның дәлдігін едәуір арттырды, ал Adaptive Least-Squares Support Vector Machine (LS-SVM) моделі 92.9% дәлдікке жетті.

Екі зерттеуде де классификация нәтижелері үшін деректерді өңдеу әдістері және архитектуралық таңдау ерекше маңызға ие болды. Бірінші жұмыс MSHilbNet архитектурасы арқылы sEMG сигналдарының бейнелеуін жақсартса, екінші жұмыс EMG және IMU сенсорларының үйлесімділігі арқылы пайдаланушыға тәуелсіз ым-ишараны тану әдісін дамытуға назар аударды. MSHilbNet архитектурасы, аз параметрлермен, дәстүрлі архитектураларға қарағанда жақсы нәтиже көрсетті, ал Adaptive LS-SVM моделі пайдаланушыға тәуелсіз әдістер арасында ең жоғары дәлдікке жетті.

Ымтілінтану жүйелерінде құрылғылармен алгоритмдерін қолдану (Camgöz, et al., 2014; Sharma & Singh, 2023; Harris, et al., 2021; Zholshiyeva, et al., 2023) зерттеулерінде қарастырылған. Мысалы, Microsoft Kinect сияқты сенсорлар дене координаттарын дәл тіркеп, ымдарды тануға көмектеседі. Алгоритмдер, мысалы, Random Decision Forest, SVM, және терең үйрету (deep learning) модельдері ымдардың ерекшеліктерін дәл анықтауға және тану тиімділігін арттыруға ықпал етеді. Құрылғылардың жоғарғы сапасы мен алгоритмдердің тиімділігі біріктірілгенде, жүйенің жалпы өнімділігі елеулі түрде жақсарды. Бірінші еңбек, негізінен, қаңқа негіздегі ерекшеліктерді қолдану арқылы ымдарды тану әдісін қолданды. 7754 ым үлгілері мен 20 ым сөздігі бойынша жаттықтыру нәтижесінде, Jaccard индексі 0.74663-ке жетті. Бұл көрсеткіш, әсіресе, қаңқа негіздегі ерекшеліктерді қолданған әдістер арасында ең жоғары болды. Артықшылықтары – жоғары дәлдік, модельдің үздіксіз ымдарды тану қабілеті, сонымен қатар, шынайы уақыттағы тану мүмкіндігі.

Келесі жұмыс Mobilenetv2 архитектурасын қолдана отырып, 99.3% және 99.9% классификация дәлдігіне қол жеткізді. Бұл, негізінен, үлгі құрылымының ықшамдығына, алдын ала дайындалған салмақ файлдарын қолдануға және кросс-валидация арқылы тексерілгендікке байланысты. Алгоритмнің аз күш жұмсайтын сипаттамасы және қолданушы интерфейсі арқылы ақпаратты өңдеудің жеңілдігі, өнімділікті арттыруға көмектесті. Үшінші зерттеу MediaPipe негізіндегі қол ымдарын тану жүйесін дамытуға арналған. Бұл әдіс шынайы уақыттағы бейнелерді өңдеуді және тануды жеңілдетеді. MediaPipe құралдарын пайдалану, ымдардың дәл анықталуын және пайдаланушылардың ақпаратты алудағы жеңілдіктерін қамтамасыз етеді. Қол ымдарын тиімді түрде тану және өңдеу мүмкіндігі зерттеудің негізгі артықшылығы болып табылады.

Төртінші мақалада қазақ дактильді ымдарын тану үшін машина оқыту алгоритмі, атап айтқанда SVM қолданылады. Жұмыста 42 дактильді тануға арналған жүйе ұсынылған. Бұл әдіс шынайы уақыттағы тану қабілетін және жоғары дәлдікті қамтамасыз етеді. Алгоритм тиімділігі 99%-ға жетуі, оның қол жетімділігі мен қарапайымдылығын көрсетеді. Барлық төрт зерттеу ым тілін танудағы алгоритмдердің және құрылғылардың маңызды рөлін көрсетеді, әрбір жұмыс өзінің ерекшеліктері мен әдістемелері арқылы жоғары нәтижелерге жетуге ұмтылады.

Біз терең нейрондық желілерді қолдана отырып, ым тілін тану саласында

зерттеулер жүргіздік. Біз мынаны анықтадық: терең нейрондық желілер, оның ішінде CNN, қимылдарды тануда жоғары тиімділікті көрсетеді; деректер сапасы мен саны модельдерді оқытуда шешуші рөл атқарады; деректерді ұлғайту дәлдікті айтарлықтай жақсартады. Деректерді өңдеудің және модельдік архитектураның көптеген тәсілдері бар (Amangeldi, et al., 2020; Amangeldi, et al., 2020), бұл осы саланың қарқынды дамуын көрсетеді. Жетістіктерге қарамастан, біз деректер теңгерімсіздігі, нақты уақыт режимінде қимылдарды тану және ым тілі арасындағы аударма мәселелерін шешуде қиындықтарға тап боламыз. Біздің жұмысымыз осы саладағы зерттеулердің жалпы көрінісіне сәйкес келеді және өз үлесін қосады: біз қазақ ым тілі үшін жаңа деректер жинағын жасадық, осылайша бар дерекқорды кеңейттік; қазақ ым тіліндегі қимылдарды тану үшін CNN-нің тиімділігін көрсеттік.

**Материалдар мен әдістер.** Бірінші мақала «Градиенттік оқытуды құжаттарды тануға қолдану» CNN туралы 1998 жылы жарияланып, терең оқыту мен тануда маңызды рөл атқарды. (Le Cun, et al., 1998) конволюциялық және толық байланыс қабаттарын қолданатын жаңа архитектураны таныстырды, градиенттік оқытудың тиімділігін көрсетті.

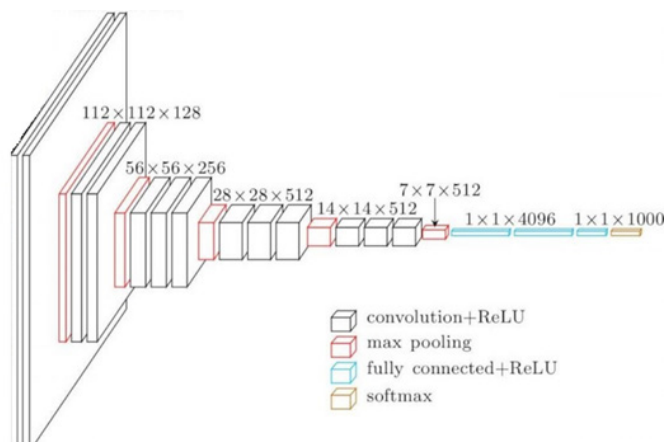
CNN архитектурасы градиенттік оқытуды қолдану арқылы құжаттарды автоматты тануды айтарлықтай жақсартты. Градиенттік түсуді пайдаланып, терең нейрондық желілердің енгізілуі заманауи құжаттарды өңдеудің негізгі кезеңіне айналды. Бұл жұмыс градиент негізіндегі оқытудың әлеуетін көрсетіп, компьютерлік көру мен табиғи тіл өңдеу саласындағы зерттеулерге негіз болды.

#### *Деректерді алдын ала өңдеу*

Деректерді стандарттау және модельді оқытуды жақсарту үшін TensorFlow кітапханасындағы `preprocess_input` функциясы арқылы кескіндер алдын ала өңделді. Деректерді ұлғайту модельдің стандарттау қабілетін жақсарту мақсатында кескіндерді масштабтау, айналдыру және жарықтығын өзгерту операцияларын қамтитын `ImageDataGenerator` сыныбының көмегімен жүзеге асырылды.

Ұсынылған модель 3-суретте көрсетілгендей Keras кітапханасы арқылы құрылды. Модель келесі қабаттарды қамтыды:

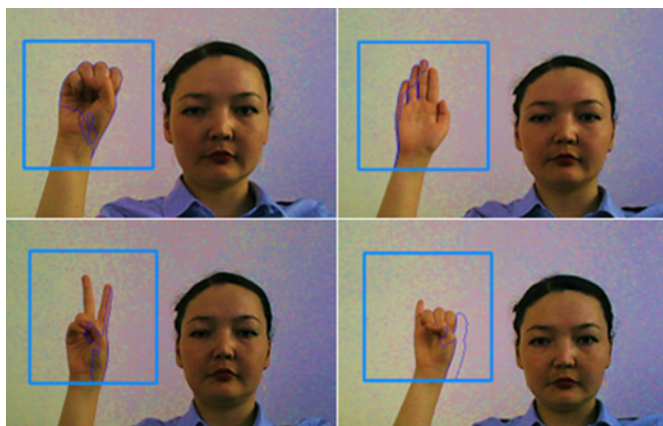
Модель 32 фильтрі бар конволюциялық қабаттан, субдискреттеу қабатынан, 64 фильтрі бар конволюциялық қабаттан, субдискреттеу қабатынан, 128 фильтрі бар конволюциялық қабаттан, субдискреттеу қабатынан, 256 фильтрі бар конволюциялық қабаттан, субдискреттеу қабатынан, Flatten қабатынан, 64 нейроннан тұратын толық байланыс қабатынан, 128 нейроннан тұратын толық байланыс қабатынан, Dropout қабатынан (0.2), 256 нейроннан тұратын толық байланыс қабатынан, Dropout қабатынан (0.3), 512 нейроннан тұратын толық байланыс қабатынан және 42 нейроннан тұратын шығу толық байланыс қабатынан және 'softmax' белсендіру функциясынан құралды.



3-сурет. CNN моделінің архитектурасы

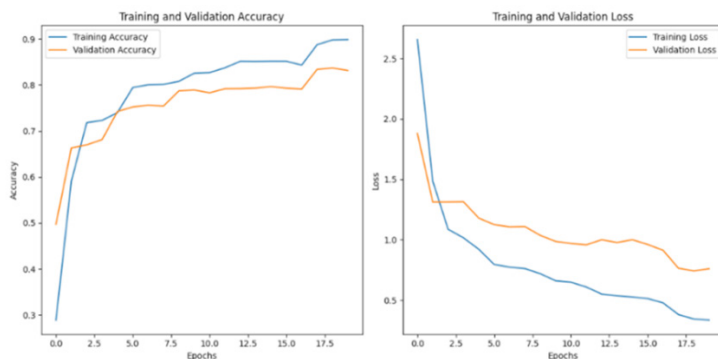
**Зерттеу нәтижелері.** Біздің жұмысымыздың нәтижесінде келесі маңызды нәтижелерге қол жеткіздік:

Қазақ ым тілінің 42 дактилін тану бойынша зерттеу жүргізілді, нәтижесінде әріптер мен ым тілінің жалпы сипаты туралы мәліметтер алынды. 4-суретте көрсетілгендей 25 200-ден астам деректер жиынтығы жасалған. Деректер жиынтығы модельдің тиімділігін бағалау мақсатында оқыту (20 790 сурет) және сынақ (4 410 сурет) үлгілеріне бөлінді.

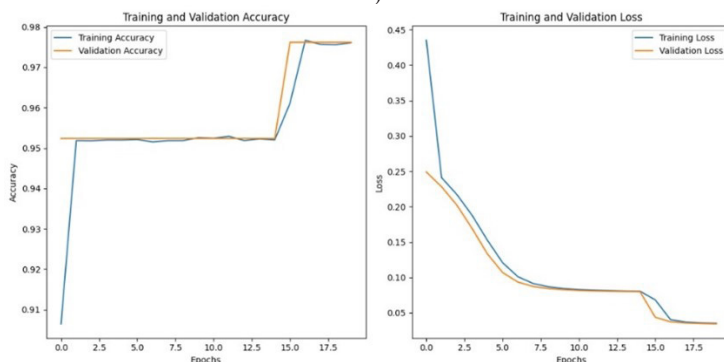


4-сурет. Қазақ ым тілінің 42 дактилі деректер жинағы

Оқыту CNN негізгі кескінді өңдеу үлгісін қолдану арқылы орындалды. Модельдің тиімділігі оқу және сынақ деректер жиынындағы дәлдік пен жоғалту көрсеткіштерімен бағаланды. Жаттығу нәтижелері 5-суретте көрсетілгендей графиктер арқылы көрнекі түрде көрсетілді, олар эпох бойынша дәлдік пен жоғалтудың өзгеруін бейнелейді. Бұл модельдің мәселелерін және жетілдіру үшін бағыттарды анықтауға мүмкіндік берді.



a)



b)

5–сурет. Оқыту процесі: а) CNN+ fully connected layer бойынша оқыту мен валидациядағы дәлдік және шығын; б) CNN + fully connected layer+data augmentation бойынша оқыту мен валидациядағы дәлдік және шығын

Қазақым тілі дактилін тану үшін әзірленген модель дәлдік метрикасы арқылы бағаланды. Оқыту аяқталғаннан кейін, модель (CNN+fully connected layer) 89,33% дәлдікке қол жеткізді. Деректерді ұлғайту әдістері қолданылғаннан кейін, модель (CNN + fully connected layer+data augmentation) нәтижелерін жақсартып, бағалау жиынтығында 95,34% дәлдік көрсетті, сондай-ақ тест жиынтығында көрсеткішін 4%-ға жуық жақсартты, бұл 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1 – Оқыту нәтижелері

Модель	Бағалау жиынтығындағы тану дәлдігі %	Тест жиынтығындағы тану дәлдігі %	Деректер көлемі
(Zholshiyeva, et al., 2023)			
ResNet50	62,69	78,612	4 449
VGG16	91,323	98,867	
<b>CNN+ fully connected layer</b>	<b>89,33</b>	<b>77,611</b>	<b>25 200</b>
<b>CNN+fully connected layer+data augmentation</b>	<b>95,34</b>	<b>80,883</b>	<b>75 600</b>



Тестілеу үлгісіндегі жоғалту функциясының мәні шектеулі диапазонда бағаланды, бұл классификация процесіндегі қателіктердің төмен деңгейін көрсетеді. Оқыту процесі барысында дәлдік пен жоғалтудағы өзгерістер графиктері модельдің өнімділігінің біртіндеп жақсаратынын көрсетеді. Бұл қолданылған оптимизаторлардың тиімділігін растайды.

Тестілеу деректерінің шағын жинағында модель қазақ әліпбиінің әріптерін сәтті болжайды. Болжамдар нақты белгілермен салыстырылып, танудың жоғары дәлдігін көрсетті.

**Талқылау.** Зерттеу барысында саңырау және нашар еститін адамдар үшін коммуникациялық технологияларды дамыту контекстінде өзекті және маңызды міндет болып табылатын қазақ сым тілін тану бойынша CNN-нің жұмысының тиімділігі бағаланады. Деректерді жинау және ұлғайту арқылы жаттығу деректерін арттыру бойынша айтарлықтай күш-жігерге қарамастан, нәтижелер ағымдағы конфигурацияда модельдің төмен өнімділігін көрсетті. Дәлдік метрикасы көпшілігі ым сыныптары үшін қанағаттанарлық мәндерді көрсетті. Зерттеу барысында анықталған негізгі мәселе-деректер жиынтығындағы теңгерімсіздік және таңдалған модель архитектурасының ықтимал оңтайлы еместігі. Бұл қимылдарды танудың дәлдігі мен сенімділігін арттыру үшін деректерді өңдеу әдістерін де, модель архитектурасын да одан әрі жетілдіру және түзету қажеттілігін көрсетеді.

Жұмыстың нәтижелері деректер сыныптарын теңдестіру бойынша қосымша зерттеулердің қажеттілігін көрсетеді. Бұл деректерді жинауға, қимылдардың әртүрлілігін және олардың нақты пайдалану жиілігін есепке алуға мұқият көзқарасты қамтуы мүмкін. Сондай-ақ ым тілін тану тапсырмасының ерекшеліктерін ескере отырып, CNN моделінің архитектурасын талдау және оңтайландыру маңызды. Келесі зерттеулер әртүрлі CNN-нің архитектураларымен, соның ішінде ым тілінің ерекшеліктеріне бейімделген терең немесе арнайы модельдермен тәжірибе жүргізуді қамтуы мүмкін. Бұл тану жүйесінің жалпы өнімділігін арттыруға көмектеседі. Сондай-ақ, нәтижелерді талдау және модель қателіктерін интерпретациялау әдістеріне назар аудару маңызды, бұл оқыту процесін одан әрі оңтайландыруға және тану сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.

Осы зерттеу нәтижелерін іс жүзінде қолдану ымд тілін автоматты түрде тану технологияларын дамытуға, саңырау және нашар еститін адамдар үшін қарым-қатынастың қолжетімділігі мен тиімділігін арттыруға айтарлықтай үлес қоса алады. Терең оқыту модельдерін сәтті бейімдеу және оңтайландыру ымтілін коммуникацияда инновациялық технологиялық шешімдерді жасауға жаңа мүмкіндіктер ашады.

**Қорытынды.** Талдау нәтижелері оқыту деректер жинағындағы сыныптардың теңгерімсіздігін көрсетеді. Сыныптардың тең дәрежеде бөлінбеуі жиі жағдайларда кейбір сыныптардың шамадан тыс дайындалуына және сирек кездесетін сыныптардың нашар жіктелуіне әкеліп соғуы мүмкін.

Бұл теңгерімсіздік, өз кезегінде, модельдің жалпы тиімділігін төмендетіп, әдістемелік шешімдердің дәлдігін нашарлатуы ықтимал.

Модельдің өнімділігін арттыру гиперпараметрлерді реттеу және күрделі желілік архитектураларды қарастыру арқылы жүзеге асырылуы мүмкін. Бұл процесс, соның ішінде бейне деректеріндегі негізгі ерекшеліктерді тиімдірек айқындай алатын назар аудару механизмдерін енгізу мүмкіндігін қамтиды. Мұндай механизмдер модельдің жұмысын айтарлықтай жақсартып, оның нәтижелерінің дәлдігін арттыруға ықпал етуі ықтимал. Keras арқылы CNN моделі қазақ ым тілі қимылдарын жоғары дәлдікпен және төмен шығынмен тануға табысты түрде оқытылды. Модель сапасын бағалау оның әріптерді тиімді тану және жіктеу қабілетін айқындайды, бұл ым тілін тану саласындағы болашақ зерттеулер мен дамулар үшін перспективалы құрал ретінде қызмет етеді. Мұндай модельдердің тиімділігі, сондай-ақ, коммуникациялық технологиялардың дамуына және есту қабілеті шектелген адамдардың өзара әрекеттесуін жақсартуға үлес қосады.

Қазақ ым тілін тану моделін зерттеу мен жетілдіру есту қабілеті шектеулі адамдарға арналған коммуникация мен білім беру үшін тиімді құралдарды құрумен қатар, нақты уақытта автоматты аудару технологияларын желтілдіруге және ым тілінде білім беру контентін құрастыруды жақсартуға мүмкіндік береді. Бұл шаралар қоғамдағы инклюзивтілікті арттырып, ақпаратқа қолжетімділікті кеңейтеді, сондай-ақ, қазақ ым тілінің мәдени және әлеуметтік маңызын нығайтуға ықпал етеді.

#### Әдебиеттер

Амангелді Н., Кудубаева С.Ә. (2020) Қазақ ым тіліндегі сөз тіркесін танудың байланысқан облыстарды белгілеу және корреляциялық әдістері// ҚазҰТЗУ хабаршысы № 5 (141). Техникалық ғылымдар. 172-177 б.

Амангелді Н., Кудубаева С.Ә. (2020) Қазақ ым тілін тану есебінің пән облысына шолу. Есептің қойылуы. ҚазҰТЗУ хабаршысы № 5 (141). Техникалық ғылымдар. 177-183 б.

Priesnitz J., et al. Deep learning-based semantic segmentation for touchless fingerprint recognition. Pattern Recognition. ICPR International Workshops and Challenges: Virtual Event, January 10-15, 2021, Proceedings, Part VIII. – Springer International Publishing, 2021. – С. 154-168, doi:10.1007/978-3-030-68793-9\_11 (in English).

Ur Rehman M. et al. Dynamic hand gesture recognition using 3D-CNN and LSTM networks. Computers, Materials & Continua. – 2021. – Т. 70. – №. 3, <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.019586> (in English).

Govalkar O., Gaikar P., Gavali P. Sign Language Recognition Techniques: A survey. – 2020, doi: 10.1109/TPAMI.2019.2929257

Zheng J. et al. Cvt-slr: Contrastive visual-textual transformation for sign language recognition with variational alignment. Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2023. – С. 23141-23150, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.05725> (in English).

Voskou A. et al. A new dataset for end-to-end sign language translation: The greek elementary school dataset. Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. – 2023. – С. 1966-1975, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.04753> (in English).

Hampiholi B. et al. Convolutional transformer fusion blocks for multi-modal gesture recognition. IEEE Access. – 2023. – Т. 11. – С. 34094-34103, doi:10.1109/access.2023.3263812 (in English).

Montazerin M. et al. Transformer-based hand gesture recognition from instantaneous to fused

neural decomposition of high-density EMG signals. Scientific reports. – 2023. – T. 13. – №. 1. – C. 11000, <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36490-w> (in English).

Sharma A. et al. Hand gesture recognition using image processing and feature extraction techniques //Procedia Computer Science. – 2020. – T. 173. – C. 181-190, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.022> (in English).

Haq E. U., Wuttisittikulij L., Vanichchanunt P. An efficient deep learning approach for human hand gesture recognition. – 2023, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3718831/v1> (in English).

Dong X. et al. FMCW radar-based hand gesture recognition using spatiotemporal deformable and context-aware convolutional 5-D feature representation //IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2021. – T. 60. – C. 1-11, doi: [10.1109/tgrs.2021.3122332](https://doi.org/10.1109/tgrs.2021.3122332) (in English).

Tsinganos P., et al. Hilbert sEMG data scanning for hand gesture recognition based on deep learning. Neural Computing and Applications. – 2021. – T. 33. – C. 2645-2666, <https://doi.org/10.1007/s00521-020-05128-7> (in English).

Colli Alfaro J. G., Trejos A. L. User-independent hand gesture recognition classification models using sensor fusion. Sensors. – 2022. – T. 22. – №. 4. – C. 1321, <https://doi.org/10.3390/s22041321> (in English).

Camgöz N.C., Kindiroglu A.A., Akarun L. Gesture recognition using template based random forest classifiers. European conference on computer vision. – Cham : Springer International Publishing, 2014. – C. 579-594, DOI: [10.1007/978-3-319-16178-5\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16178-5_41) (in English).

Sharma S., Singh S. ISL recognition system using integrated mobile-net and transfer learning method. Expert Systems with Applications. – 2023. – T. 221. – C. 119772, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119772> (in English).

Harris M. et al. Applying hand gesture recognition for user guide application using MediaPipe. 2nd International Seminar of Science and Applied Technology (ISSAT 2021). – Atlantis Press, 2021. – C. 101-108, <https://doi.org/10.2991/aer.k.211106.017> (in English).

Zholshiyeva L. et al. Real-time kazakh sign language recognition using mediapipe and svm. Известия НАН РК. Серия физико-математическая. – 2023. – №. 1. – C. 82-93, <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.170> (in English).

Le Cun Y., et al. Gradient-based learning applied to document recognition. Proceedings of the IEEE. – 1998. – T. 86. – №. 11. – C. 2278-2324, <https://doi.org/10.1109/5.726791> (in English).

## References

Amangeldi N., Kudubaeva S.A. (2020) Kazak ym tilindegi soz tirkesin tanudyn baylanskan oblystardy belgileu zhane korrelyasyalyk adisteri. [Recognition of Phrases in Kazakh Sign Language Using Connected Region Marking and Correlation Methods]. KazNTU Bulletin, 5(141):172–177 (in Kazakh).

Amangeldi N., Kudubaeva S. (2020) Kazak ym tilin tanu esebinin pan oblysyna sholu. Eseptin koilylymy. [Overview of the Subject Area of Kazakh Sign Language Recognition Task]. Bulletin of KazNTU. – 5(141):177–183 (in Kazakh).

Priesnitz J., et al. Deep learning-based semantic segmentation for touchless fingerprint recognition. Pattern Recognition. ICPR International Workshops and Challenges: Virtual Event, January 10-15, 2021, Proceedings, Part VIII. – Springer International Publishing, 2021. – C. 154-168, doi:[10.1007/978-3-030-68793-9\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-68793-9_11) (in English).

Ur Rehman M., et al. Dynamic hand gesture recognition using 3D-CNN and LSTM networks. Computers, Materials & Continua. – 2021. – T. 70. – №. 3, <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.019586> (in English).

Govalkar O., Gaikar P., Gavali P. Sign Language Recognition Techniques: A survey. – 2020, doi: [10.1109/TPAMI.2019.2929257](https://doi.org/10.1109/TPAMI.2019.2929257)

Zheng J., et al. Cvt-slr: Contrastive visual-textual transformation for sign language recognition with variational alignment. Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2023. – p. 23141-23150, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.05725> (in English).

Voskou A., et al. A new dataset for end-to-end sign language translation: The greek elementary

school dataset //Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. – 2023. – p. 1966-1975, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.04753> (in English).

Hampiholi B., et al. Convolutional transformer fusion blocks for multi-modal gesture recognition. IEEE Access. – 2023. – T. 11. – C. 34094-34103, doi:10.1109/access.2023.3263812 (in English).

Montazerin M., et al. Transformer-based hand gesture recognition from instantaneous to fused neural decomposition of high-density EMG signals. Scientific reports. – 2023. – T. 13. – №. 1. – C. 11000, <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36490-w> (in English).

Sharma A., et al. Hand gesture recognition using image processing and feature extraction techniques. Procedia Computer Science. – 2020. – T. 173. – p. 181-190, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.022> (in English).

Haq E.U., Wuttisittikulkij L., Vanichchanunt P. An efficient deep learning approach for human hand gesture recognition. – 2023, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3718831/v1> (in English).

Dong X. et al. FMCW radar-based hand gesture recognition using spatiotemporal deformable and context-aware convolutional 5-D feature representation. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2021. – V. 60. – p. 1-11, doi: 10.1109/tgrs.2021.3122332 (in English).

Tsinganos P., et al. Hilbert sEMG data scanning for hand gesture recognition based on deep learning. Neural Computing and Applications. – 2021. – T. 33. – C. 2645-2666, <https://doi.org/10.1007/s00521-020-05128-7> (in English).

Colli Alfaro J.G., Trejos A.L. User-independent hand gesture recognition classification models using sensor fusion. Sensors. – 2022. – V. 22. – №. 4. – p. 1321, <https://doi.org/10.3390/s22041321> (in English).

Camgöz N. C., Kindiroglu A. A., Akarun L. Gesture recognition using template based random forest classifiers //European conference on computer vision. – Cham : Springer International Publishing, 2014. – C. 579-594, DOI: 10.1007/978-3-319-16178-5\_41 (in English).

Sharma S., Singh S. ISL recognition system using integrated mobile-net and transfer learning method //Expert Systems with Applications. – 2023. – V. 221. – p. 119772, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119772> (in English).

Harris M. et al. Applying hand gesture recognition for user guide application using MediaPipe //2nd International Seminar of Science and Applied Technology (ISSAT 2021). – Atlantis Press, 2021. – p. 101-108, <https://doi.org/10.2991/aer.k.211106.017> (in English).

Zholshiyeva L. et al. REAL-TIME KAZAKH SIGN LANGUAGE RECOGNITION USING MEDIAPIPE AND SVM //News of NAS RK. Series of physics and mathematics – 2023. – №. 1. – p. 82-93, <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.170> (in English).

LeCun Y. et al. Gradient-based learning applied to document recognition //Proceedings of the IEEE. – 1998. – V. 86. – №. 11. – p. 2278-2324, <https://doi.org/10.1109/5.726791> (in English).

## CONTENTS

## INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

<b>A.Abdiraman, L.Aldasheva, A.Zakirova, B.Mukhametzhanova, I.Orman</b> GLOBAL ANALYSIS OF MOBILE BROADBAND NETWORK PERFORMANCE: INSIGHTS INTO 5G DEPLOYMENT AND FUTURE 6G CHALLENGES.....	5
<b>R. Abdualiyeva, L. Smagulova, A. Yelepbergenova</b> THE EFFECTIVENESS OF USING CHATGPT IN PROGRAMMING.....	17
<b>A.B. Aben, N.M. Zhunissov, G.N. Kazbekova, A.N. Amanov, A.A. Abibullayeva</b> DEEPPFAKE ARTIFICIAL VOICE DETECTION. COMPARISON OF THE EFFECTIVENESS OF THE LSTM AND CNN MODELS.....	32
<b>A.A. Aitkazina, N.O. Zhumazhan</b> DEVELOPMENT OF A BIOTECHNICAL SYSTEM FOR LASER TREATMENT OF SUNFLOWER SEEDS.....	49
<b>G. Aksholak, A. Bedelbayev, R. Magazov</b> SECURING KUBERNETES: AN ANALYSIS OF VULNERABILITIES, TOOLS, AND FUTURE DIRECTIONS.....	66
<b>A.T. Akynbekova, A.A. Mukhanova, Salah Al-Majeed, A.G. Altayeva</b> PROBLEMS OF IMPLEMENTATION OF FUZZY MODELS OF DECISION MAKING IN SOCIAL PROCESSES.....	78
<b>K.M. Aldabergenova, M.A. Kantureyeva, A.B. Kassekeyeva, A. Akhmetova, T.N. Esikova</b> FEATURES AND PROSPECTS FOR THE USE OF DIGITAL PLATFORMS AND INTERNET MARKETING IN THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL PRODUCTION.....	93
<b>A. Yerimbetova, M. Sambetbayeva, E. Daiyrbayeva, B. Sakenov, U. Berzhanova</b> CREATING A MODEL FOR RECOGNIZING THE KAZAKH SIGN LANGUAGE USING THE DEEP LEARNING METHOD.....	108
<b>A.N. Zhidebayeva, S.T. Akhmetova, A.O. Aliyeva, B.O. Tastanbekova, G.S. Shaimerdenova</b> REVIEW OF DETECTION AND PREVENTION OF OFFENSIVE LANGUAGE VIA SOCIAL MEDIA DATA MINING.....	124

**K.S. Ivanov, D.T. Tulekenova**

ENSURING THE DETERMINABILITY OF MOTION OF AN ADAPTIVE SPACECRAFT DRIVE BY INTRODUCING AN ADDITIONAL VELOCITY CONSTRAINT FORCE.....136

**M.N. Kalimoldayev, Z.D. Ormansha, K.B. Begaliev, A.S. Ainagulova, A.O. Aukenova**

A BLOCKCHAIN MODEL FOR AGRICULTURAL PRODUCT TRACKING THAT SUPPORTS FEDERAL TRAINING.....151

**I. Massyrova, O. Joldasbayev, S. Joldasbayev, A. Bolysbek, S. Mambetov**  
AUTOMATION OF THE SYSTEM FOR INDUSTRIAL PRACTICE AND INTERNSHIPS FOR STUDENTS IN ORGANIZATIONS OUTSIDE OF THE UNIVERSITY.....168

**A.B. Mimenbayeva, G.O. Issakova, G.K. Bekmagambetova, A.B. Aruova, E.K. Darikulova**

DEVELOPMENT OF DEEP LEARNING MODELS FOR FIRE SOURCES PREDICTION.....185

**K. Momynzhanova, S.Pavlov, Sh. Zhumagulova**

MATHEMATICAL MODELS AND PRACTICAL IMPLEMENTATION OF AN OPTICAL-ELECTRONIC EXPERT SYSTEM FOR GLAUCOMA DETECTION.....202

**B.O. Mukhametzhanova, L.N. Kulbaeva, Z.B. Saimanova, E.K. Seipisheva, B.M. Sadanova**

OPTIMIZATION AND INTEGRATION OF DOCKER TECHNOLOGY IN MODERN INFORMATION SYSTEMS.....218

**A.R. Orazayeva, J.A. Tussupov, A.K. Shaikhanova, G.B. Bekeshova, A.D. Galymova**

FUZZY EXPERT SYSTEM FOR ASSESSING DYNAMIC CHANGES IN BIOMEDICAL IMAGES OF BREAST CANCER TUMORS.....227

**D. Oralbekova, O. Mamyrbayev, A. Akhmediyarova, D. Kassymova**  
USING KAZAKH NER DATASETS FOR MULTICLASS CLASSIFICATION IN THE LEGAL DOMAIN: A COMPARATIVE STUDY OF BERT, GPT, AND LSTM MODELS.....242

**A. Ospanov, A.J. Pedro, T. Turymbetov, K. Dyussekeyev, A. Zhumadillayeva**  
ADVANCEMENTS IN ERP SYSTEMS THROUGH EMERGING

TECHNOLOGIES, MACHINE LEARNING AND HYBRID OPTIMIZATION  
TECHNIQUES.....259

**K. Rabbany, A. Bekarystankyzy, A. Shoiynbek, D. Kuanyshbay,  
A. Mukhametzhanov**  
DETECTION OF SUICIDAL TENDENCIES IN REDDIT POSTS  
USING MACHINE LEARNING.....270

**A. Taukenova**  
PERSONALIZED ARCHITECTURE: CREATING UNIQUE SPACES  
WITH DIGITAL TECHNOLOGIES.....283

## МАЗМҰНЫ

### АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

<b>Ә. Әбдіраман, Л. Алдашева, А. Закирова, Б. Мухаметжанова, И. Орман</b> МОБИЛЬДІ КЕН ЖОЛАҚТЫ ЖЕЛІЛЕРДІҢ ТИІМДІЛІГІНІҢ ЖАҒАНДЫҚ ТАЛДАУ: 5G ЕНГІЗУ ЖӘНЕ 6G БОЛАШАҚ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....	5
<b>Р.Е. Абдуалиева, Л.А. Смагулова, А.У. Елепбергенова</b> БАҒДАРЛАМАЛАУДА СНАТGPT ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІ.....	17
<b>А.Б. Абен, Н.М. Жунисов, Г.Н. Казбекова, А.Н. Аманов, А.А. Абибуллаева</b> DEEPFAKE ЖАСАНДЫ ДАУЫСТЫ АНЫҚТАУ. LSTM ЖӘНЕ CNN МОДЕЛЬДЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІ САЛЫСТЫРУ.....	32
<b>Ә.А. Айтқазина, Н.Ө. Жұмажан</b> КҮНБАҒЫС ТҰҚЫМДАРЫН ЛАЗЕРМЕН ӨНДЕУГЕ АРНАЛҒАН БИОТЕХНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕНІ ДАМЫТУ.....	49
<b>Г.И. Ақшолақ, А.А. Бедельбаев, Р.С. Мағазов</b> KUBERNETES-ТІ ҚОРҒАУ: ОСАЛДЫҚТАРДЫ, ҚҰРАЛДАРДЫ ЖӘНЕ БОЛАШАҚ БАҒЫТТАРДЫ ТАЛДАУ.....	66
<b>А.Т. Ақынбекова, А.А. Муханова, Salah Al-Majeed, Г.С. Алтаева</b> ӘЛЕУМЕТТІК ПРОЦЕСТЕРДЕ ШЕШІМДЕР ҚАБЫЛДАУДЫҢ БҰЛДЫР МОДЕЛЬДЕРІН ЕНГІЗУ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....	78
<b>К.М. Алдабергенова, М.А. Кантуреева, А.Б. Касекеева, А.Ж. Ахметова, Т.Н. Есикова</b> АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ӨНДІРІСІН ДАМЫТУДА ЦИФРЛЫҚ ПЛАТФОРМАЛАР МЕН ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГТІ ҚОЛДАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ.....	93
<b>А.С. Еримбетова, М.А. Сәмбетбаева, Э.Н. Дайырбаева, Б.Е. Сәкенов, У.Г. Бержанова</b> ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ҚАЗАҚ ҰМ ТІЛІН ТАНУҒА АРНАЛҒАН МОДЕЛЬ ҚҰРУ.....	108



- А.Н. Жидебаева, С.Т. Ахметова, А.О. Алиева, Б.О. Тастанбекова,  
Г.С. Шаймерденова**  
ӘЛЕУМЕТТІК ЖЕЛІЛЕРДЕН DATA MINING АРҚЫЛЫ БЕЙӘДЕП  
СӨЗДЕРДІ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ АЛДЫН АЛУҒА ШОЛУ.....124
- К.С. Иванов, Д.Т. Тулекенова**  
ЖЫЛДАМДЫҚ БАЙЛАНЫСЫНЫҢ ҚОСЫМША КҮШІН ЕНГІЗУ  
АРҚЫЛЫ ҒАРЫШ АППАРАТЫНЫҢ БЕЙІМДЕЛГЕН ЖЕТЕК  
ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ АЙҚЫНДЫЛЫҒЫН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ.....136
- М.Н. Калимолдаев, З.Д. Орманша, К.Б. Бегалиева, А.С. Айнагулова,  
А.О. Аукенова**  
ФЕДЕРАТИВТІ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАЙТЫН АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ  
ӨНІМДЕРІН БАҚЫЛАУҒА АРНАЛҒАН БЛОКЧЕЙН МОДЕЛІ.....151
- И. Масырова, О.К. Джолдасбаев, С.К. Джолдасбаев, А. Болысбек,  
С.Т. Мамбетов**  
УНИВЕРСИТЕТТЕН ТЫС ҰЙЫМДАРДА СТУДЕНТТЕРДІҢ  
ӨНДІРІСТІК ПРАКТИКАСЫ МЕН ТАҒЫЛЫМДАМАСЫН  
АВТОМАТТАНДЫРУ ЖҮЙЕСІ.....168
- А.Б. Мименбаева, Г.О. Исакова, Г.К. Бекмагамбетова, Ә.Б. Аруова,  
Е.Қ. Дәрікүлова**  
ӨРТ КӨЗДЕРІН БОЛЖАУ ҮШІН ТЕРЕҢ ОҚЫТУ МОДЕЛЬДЕРІН  
ӘЗІРЛЕУ.....185
- К.Р. Момынжанова, С.В. Павлов, Ш.П. Жұмағұлова, М.Т. Тұңғышбаев**  
ГЛАУКОМАНЫ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН ОПТИКАЛЫҚ-  
ЭЛЕКТРОНДЫҚ САРАПТАМАЛЫҚ ЖҮЙЕНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ  
МОДЕЛЬДЕРІ МЕН ПРАКТИКАЛЫҚ ІСКЕ АСЫРЫЛУЫ.....202
- Б.О. Мухаметжанова, Л.Н. Құлбаева, З.Б. Сайманова, Э.К. Сейпишева,  
Б.М. Саданова**  
ЗАМАНАУИ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ DOCKER  
ТЕХНОЛОГИЯСЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ИНТЕГРАЦИЯЛАУ.....218
- А.Р. Оразаева, Д.А. Тусупов, А.К. Шайханова, Г.Б. Бекешова,  
Ә.Д. Ғалымова**  
СҮТ БЕЗІ ҚАТЕРЛІ ІСІГІ КЕЗІНДЕ БИОМЕДИЦИНАЛЫҚ  
КЕСКІНДЕРІНДЕГІ ДИНАМИКАЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ БАҒАЛАУҒА  
АРНАЛҒАН АНЫҚ ЕМЕС САРАПТАМА ЖҮЙЕСІ.....227

<b>Д. Оралбекова, О. Мамырбаев, А. Ахмедиярова, Д. Қасымова</b> ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ NER ДЕРЕКТЕР ЖИНАҒЫН ҚҰҚЫҚТЫҚ САЛАДА КӨПСАНАТТЫ ЖІКТЕУ ҮШІН ПАЙДАЛАНУ: BERT, GPT ЖӘНЕ LSTM МОДЕЛЬДЕРІНІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУІ.....	242
<b>А. Оспанов, П. Алонсо-Жорда, Т. Тұрымбетов, К. Дүйсекеев, А. Жұмаділлаева</b> ERP ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ЖЕТІЛДІРІЛУІ: ЗАМАНАУИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР, МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ЖӘНЕ ГИБРИДТІ ОПТИМИЗАЦИЯ ӘДІСТЕРІ.....	259
<b>К. Раббани, А. Бекарыстанқызы, Д. Қуанышбай, А. Шойынбек, А. Мұхаметжанов</b> МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ REDDIT ПОСТТАРЫНДАҒЫ СУИЦИДТІК ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫН АНЫҚТАУ.....	270
<b>Ә. Таукенова</b> ЖЕКЕЛЕНДІРІЛГЕН АРХИТЕКТУРА: ДИДЖИТАЛ ТЕХНОЛОГИЯЛАРМЕН ЕРЕКШЕ КЕҢІСТІКТЕР ЖАРАТУ.....	283

## СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ

<b>А. Абдираман, Л. Алдашева, А. Закирова, Б. Мухаметжанова, И. Орман</b> ГЛОБАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОБИЛЬНОЙ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СЕТИ: ВНЕДРЕНИЕ 5G И БУДУЩИЕ ЗАДАЧИ 6G.....	5
<b>Р.Е. Абдуалиева, Л.А. Смагулова, А.У. Елепбергенова</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ SNATGPT В ПРОГРАММИРОВАНИИ.....	17
<b>А.Б. Абен, Н.М. Жунисов, Г.Н. Казбекова, А.Н. Аманов, А.А. Абибуллаева</b> ОБНАРУЖЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ГОЛОСА DEEPFAKE. СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛЕЙ LSTM И CNN.....	32
<b>А.А. Айтказина, Н.О. Жумажан</b> РАЗРАБОТКА БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА.....	49
<b>Г.И. Акшолок, А.А. Бедельбаев, Р.С. Магазов</b> ЗАЩИТА KUBERNETES: АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ, ИНСТРУМЕНТОВ И НАПРАВЛЕНИЙ НА БУДУЩЕЕ.....	66
<b>А.Т. Акынбекова, А.А. Муханова, Salah Al-Majeed, Г.С. Алтаева</b> ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ.....	78
<b>К.М. Алдабергенова, М.А. Кантуреева, А.Б. Касекеева, А.Ж. Ахметова, Т.Н. Есикова</b> ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ И ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГА В РАЗВИТИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	93
<b>А.С. Еримбетова, М.А. Самбетбаева, Э.Н. Дайырбаева, Б.Е. Сакенов, У.Г. Бержанова</b> СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ КАЗАХСКОГО ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ.....	108

- А.Н. Жидебаева, С.Т. Ахметова, А.О. Алиева, Б.О. Тастанбекова,  
Г.С. Шаймерденова**  
ОБЗОР ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОСКОРБИТЕЛЬНОЙ  
ЛЕКСИКИ С ПОМОЩЬЮ DATA MINING В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ....124
- К.С. Иванов, Д.Т. Тулеkenова**  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПРЕДЕЛИМОСТИ ДВИЖЕНИЯ АДАПТИВНОГО  
ПРИВОДА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ПОМОЩЬЮ ВВЕДЕНИЯ  
ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИЛЫ СКОРОСТНОЙ СВЯЗИ.....136
- М.Н. Калимолдаев, З.Д. Орманша, К.Б. Бегалиева, А.С. Айнагулова,  
А.О. Аукенова**  
БЛОКЧЕЙН-МОДЕЛЬ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ С ПОДДЕРЖКОЙ  
ФЕДЕРАТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ.....151
- И. Масырова, О.К. Джолдасбаев, С.К. Джолдасбаев, А. Болысбек,  
С.Т. Мамбетов**  
АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ  
ПРАКТИКИ И СТАЖИРОВКИ СТУДЕНТОВ В ОРГАНИЗАЦИЯХ  
ВНЕ ВУЗА.....168
- А. Мименбаева, Г. Исакова, Г.К. Бекмагамбетова, А.Б. Аруова,  
Е.К. Дарикулова**  
РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПОЖАРОВ.....185
- К.Р. Момынжанова, С.В. Павлов, Ш.П. Жумагулова, М.Т. Тунгушбаев**  
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ  
ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ  
ВЫЯВЛЕНИЯ ГЛАУКОМЫ.....202
- Б.О. Мухаметжанова, Л.Н. Кулбаева, З.Б. Сайманова, Э.К. Сейпишева,  
Б.М. Саданова**  
ОПТИМИЗАЦИЯ И ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ DOCKER В  
СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.....218
- А.Р. Оразаева, Д.А. Тусупов, А.К. Шайханова, Г.Б. Бекешова,  
А.Д. Галымова**  
НЕЧЕТКАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКИХ  
ИЗМЕНЕНИЙ В БИМЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ОПУХОЛЕЙ  
ПРИ РАКЕ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ.....227

<b>Д. Оралбекова, О. Мамырбаев, А. Ахмедиярова, Д. Касымова</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАБОРОВ ДАННЫХ NER НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ ДЛЯ МУЛЬТИКЛАССИФИКАЦИИ В ПРАВОВОЙ СФЕРЕ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ VERT, GPT И LSTM.....	242
<b>А. Оспанов, П. Алонсо-Жорда, Т. Турымбетов, К. Дюсекеев, А. Жумадилаева</b> ПРОДВИЖЕНИЕ ERP СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ГИБРИДНЫХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ.....	259
<b>К. Раббани, А. Бекарыстанкызы, Д. Куанышбай, А. Шойынбек, А. Мухаметжанов</b> ОБНАРУЖЕНИЕ СУИЦИДАЛЬНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ В ПУБЛИКАЦИЯХ НА REDDIT С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	270
<b>А. Таукенова</b> ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННАЯ АРХИТЕКТУРА: СОЗДАНИЕ УНИКАЛЬНЫХ ПРОСТРАНСТВ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	283

**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)**

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 20.03.2025.

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

20,0 п.л. Заказ 1.