

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

## NEWS

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 Нұрсұлтан 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), 5-21  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.165>

UDK 50.47.29

© **J.K. Abdugulova** , **G.A. Uskenbayeva** , **M.N. Tlegen** \*,  
**A.K. Shukirova** , 2023

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.  
E-mail: meruert-0202@mail.ru

## **AUTOMATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF HEATING OIL PIPELINE EQUIPMENT**

**Abdugulova Zh.K.** — PhD. L.N. Gumilyov Eurasian National University. Department of Information technology. 010000. Nur-Sultan, Kazakhstan.

E-mail: janat\_6767@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7462-4623;

**Uskenbayeva G.A.** — PhD. L.N. Gumilyov Eurasian National University. Department of System analysis and control. 010000. Nur-Sultan, Kazakhstan.

E-mail: uskenbayeva\_ga\_1@enu.kz. ORCID: 0000-0001-6904-8000;

**Tlegen M.N.** — lecturer, L.N. Gumilyov Eurasian National University. Department of Information technology. 010000. Nur-Sultan, Kazakhstan.

E-mail: meruert-0202@mail.ru. ORCID:0000-0001-8234-8905;

**Shukirova A.K.** — PhD, L.N. Gumilyov Eurasian National University. Department of System analysis and control. 010000. Nur-Sultan, Kazakhstan.

E-mail: aliya.shukirova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3032-4722.

**Abstract.** The article describes the theoretical and practical aspects of the country's energy complex. Calculations that allow obtaining information about the state of the modern oil transport process are considered. The main problems that arise when heating oil are identified. Under the influence of different temperature regimes, the characteristics of the energy fuel are determined. Objective indicators reflecting problem areas in the heating system of the object under consideration are calculated, a description of the proposed design of an induction oil heating unit is given. Oil heating is carried out due to convective heat exchange, taking into account technological restrictions on the maximum permissible temperature of the heater walls, which is maintained using a specialized automatic control system. The results of the study make it possible to develop an automated process control system for an induction indirect heating installation aimed at improving and optimizing the operating modes of the equipment. Further development and improvement of technological processes of oil refining is associated with the creation of high-power

installations equipped with modern equipment. Due to the increase in the cost of equipment maintenance, as well as the requirements for service personnel. The cost of oil transportation increases significantly under low temperature conditions. When the temperature drops, paraffin begins to crystallize from the oil, which leads to a change in the structure of the liquid phase of the oil. In this regard, the introduction and operation of induction units of indirect oil heating, which will increase the economic efficiency, reliability of transportation systems and improve the environmental situation, is in demand. Oil heating is carried out by convective heat exchange, taking into account technological restrictions on the maximum allowable temperature of the walls of the heater, the maintenance of which can be carried out using a specialized automatic control system.

**Keywords:** main pipeline, oil, automation, induction plants, heating temperature, effective viscosity, heating, modeling, transportation cost

© **Ж.К. Абдугулова, Г.А. Ускенбаева, М.Н. Тлеген\*, А.К. Шукирова, 2023**

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

E-mail: meruert-0202@mail.ru

## **ҚҰБЫР ЖАБДЫҒЫНДА МАЙДЫ ҚЫЗДЫРУДЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСІН АВТОМАТТАНДЫРУ**

**Абдугулова Ж.К.** — техника ғылымдарының кандидаты. Ақпараттық технологиялар факультеті. Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ. 010000. Астана, Қазақстан.

E-mail: janat\_6767@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7462-4623;

**Ускенбаева Г.А.** — техника ғылымдарының кандидаты. Ақпараттық технологиялар факультеті. Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ. 010000. Астана, Қазақстан.

E-mail: uskenbayeva\_ga\_1@enu.kz. ORCID: 0000-0001-6904-8000;

**Тлеген М.Н.** — оқытушы. Еуразия ұлттық университеті. Ақпараттық технологиялар факультеті. Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ. 010000. Астана, Қазақстан.

E-mail: meruert-0202@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8234-8905;

**Шукирова А.К.** — техника ғылымдарының кандидаты. Ақпараттық технологиялар факультеті. Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ. 010000. Астана, Қазақстан.

E-mail: aliya.shukirova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3032-4722.

**Аннотация.** Мақалада еліміздің энергетикалық кешенінің теориялық және практикалық аспектілері көрсетілген. Қазіргі заманғы мұнай тасымалдау процесінің жай-күйі туралы ақпарат алуға мүмкіндік беретін есептеулер қарастырылған. Мұнайды жылыту кезінде туындайтын негізгі проблемалар анықталған. Әр түрлі температуралық режимдердің әсерінен энергетикалық отынның ерекшеліктері анықталады. Объективті көрсеткіштер есептеледі, олар қарастырылып отырған объектіні жылыту жүйесіндегі проблемалық аймақтарды көрсетеді, индукциялық мұнай жылыту қондырғысының ұсынылған дизайнының сипаттамасы келтірілген. Мұнайды жылыту жылытқыштың қабырғаларының рұқсат етілген шекті температурасына технологиялық шектеулерді ескере отырып, конвективті жылу алмасу есебінен

жүзеге асырылады, оны ұстап тұру мамандандырылған автоматты басқару жүйесінің көмегімен жүзеге асырылады. Зерттеу нәтижелері жабдықтың жұмыс режимдерін жақсартуға және онтайландыруға бағытталған жанама қыздыру индукциялық қондырғысының технологиялық процесін басқарудың автоматтандырылған жүйесін жасауға мүмкіндік береді. Мұнай өңдеудің технологиялық процестерін одан әрі дамыту және жетілдіру қазіргі заманғы жабдықтармен жабдықталған жоғары қуатты қондырғыларды құрумен байланысты. Аппаратураға қызмет көрсету құнының, сондай-ақ қызмет көрсетуші персоналға қойылатын талаптардың өсуіне байланысты. Мұнай тасымалдау құны төмен температура жағдайында айтарлықтай артады. Температураның төмендеуімен парафин мұнайдан кристалдануды бастайды, бұл мұнайдың сұйық фазасының құрылымының өзгеруіне әкеледі. Осыған байланысты экономикалық тиімділікті, тасымалдау жүйелері жұмысының сенімділігін және экологиялық жағдайды жақсартуды арттыруға мүмкіндік беретін мұнайды жанама жылытудың индукциялық қондырғыларын енгізу және пайдалану сұранысқа ие болып отыр. Мұнайды жылыту жылытқыштың қабырғаларының рұқсат етілген шекті температурасына технологиялық шектеулерді ескере отырып, конвективті жылу алмасу есебінен жүзеге асырылады, оны ұстап тұру мамандандырылған автоматты басқару жүйесінің көмегімен жүзеге асырылуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** магистральдық құбыр, мұнай, автоматтандыру, индукциялық қондырғылар, қыздыру температурасы, тиімді тұтқырлық, қыздыру, модельдеу, тасымалдау құны

© **Ж.К. Абдугулова , Г.А. Ускенбаева , М.Н. Тлеген\***,  
**А.К. Шукирова, 2023**

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,  
Астана, Казахстан.  
E-mail: meruert-0202@mail.ru

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОДОГРЕВА НЕФТИ НА ТРУБОПРОВОДНОМ ОБОРУДОВАНИИ**

**Абдугулова Ж.К.** — кандидат технических наук, факультет Информационных технологий. ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. 010000. Астана, Казахстан.

E-mail: janat\_6767@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7462-4623;

**Ускенбаева Г.А.** — кандидат технических наук, факультет Информационных технологий. ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. 010000. Астана, Казахстан.

E-mail: uskenbayeva\_ga\_1@enu.kz. ORCID: 0000-0001-6904-8000;

**Тлеген М.Н.** — преподаватель, факультет Информационных технологий. ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. 010000. Астана, Казахстан.

E-mail: meruert-0202@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8234-8905;

**Шукирова А.К.** — кандидат технических наук, факультет Информационных технологий. ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. 010000. Астана, Казахстан.

E-mail: aliya.shukirova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3032-4722.

**Аннотация.** В статье изложены теоретические и практические аспекты энергетического комплекса страны. Рассмотрены расчеты, позволяющие получить информацию о состоянии современного нефте-транспортного процесса. Выявлены основные проблемы, возникающие при нагревании нефти. Под влиянием различных температурных режимов определяются особенности энергетического топлива. Рассчитаны объективные показатели, отражающие проблемные зоны в системе отопления рассматриваемого объекта, приведено описание предлагаемой конструкции индукционного масляного нагревательного агрегата. Подогрев нефти осуществляется за счет конвективного теплообмена с учетом технологических ограничений на предельно допустимую температуру стенок нагревателя, поддержание которой осуществляется с помощью специализированной системы автоматического управления. Результаты исследования позволяют разработать автоматизированную систему управления технологическим процессом индукционной установки косвенного нагрева, направленную на улучшение и оптимизацию режимов работы оборудования. Дальнейшее развитие и совершенствование технологических процессов нефтепереработки связано с созданием установок высокой мощности, оснащенных современным оборудованием, в связи с ростом стоимости обслуживания аппаратуры, а также требований к обслуживающему персоналу. Стоимость транспортировки нефти значительно возрастает в условиях низких температур. С понижением температуры парафин начинает кристаллизоваться из нефти, что приводит к изменению структуры жидкой фазы нефти. В связи с этим востребованы внедрение и эксплуатация индукционных установок косвенного нагрева нефти, позволяющих повысить экономическую эффективность, надежность работы транспортных систем и улучшение экологической обстановки. Нагрев нефти осуществляется за счет конвективного теплообмена с учетом технологических ограничений на предельно допустимую температуру стенок нагревателя, поддержание которой может осуществляться с помощью специализированной системы автоматического управления.

**Ключевые слова:** магистральный трубопровод, нефть, автоматизация, индукционные установки, температура нагрева, эффективная вязкость, нагрев, моделирование, стоимость транспортировки

### **Кіріспе**

Мұнай өнеркәсібі отын-энергетика кешенінің маңызды құрамдас бөліктерінің бірі болып табылады. Тиімділік энергиясы проблемаларын шешу Қазақстандағы мұнай-газ секторының, атап айтқанда құбыржол көлігінің аса маңызды міндеттерінің бірі. Құбыр арқылы тасымалдаудың энергия үнемдеуі негізінен мұнайды тасымалдау мен жылытуға жұмсалатын энергия шығындарымен байланысты. Тұтынылатын электр энергиясының шамамен 70%-ы сорғы агрегаттарының жұмысына жұмсалады, ал мұнайды



«ыстық» мұнай құбыры арқылы тасымалдау жағдайында мұнайды жылыту пешінің жұмысына байланысты шығындар 85%-ға артады. Мұнай өнеркәсібі отын-энергетика кешенінің маңызды құрамдас бөліктерінің бірі болып табылады. Қазақстанның энергетикалық стратегиясы ішкі тұтыну үшін мұнай өндіруді одан әрі ұлғайтуды, отын мен энергияны үнемдеу жөніндегі ұйымдастырушылық және технологиялық шараларды қарқынды іске асыруды көздейді.

Қазіргі уақытта қазақстандық мұнайдың негізгі көлемі Батыста, яғни мұнай мен мұнай өнімдерін негізгі тұтынушылардан алыста өндіріледі. Мұнай өнеркәсібінің бәсекеге қабілеттілігі көбінесе мұнайды өндіру және оны қайта өңдеу өнімдерін сатып алушыға жеткізудің тиімділігіне байланысты. Мұнай тасымалдау құны төмен температура жағдайында айтарлықтай артады. Температураның төмендеуімен мұнайдан парафинның кристалдануы басталады, бұл мұнайдың сұйық фазасының құрылымының өзгеруіне әкеледі. Мұнайды жылыту құбырлардың парафинизациялануын болдырмайды, цистерналар мен танкерлерден түсіру кезінде мұнай шығынын, сондай-ақ мұнайды құбырлар арқылы айдаумен байланысты энергия шығынын азайтады.

Мұнайды жылыту жылытқыштың қабырғаларының рұқсат етілген шекті температурасына технологиялық шектеулерді ескере отырып, конвективті жылу алмасу есебінен жүзеге асырылады, оны ұстап тұру мамандандырылған автоматты басқару жүйесінің көмегімен жүзеге асырылуы мүмкін. Осылайша, жылытқыштың жылу алмасу процестерінің математикалық модельдерін құру мәселелері өзекті болып табылады, оларды тек жылытқыш қабырғасының температуралық өрістерінің кеңістікте таралуын және мұнай ағынын ескере отырып салуға болады.

Мұнай өндеудің технологиялық процестерін одан әрі дамыту және жетілдіру қазіргі заманғы жабдықтармен жабдықталған жоғары қуатты қондырғыларды құрумен байланысты. Аппаратураға қызмет көрсету құнының, сондай-ақ қызмет көрсетуші персоналға қойылатын талаптардың өсуіне байланысты.

Мұнай тасымалдау құны төмен температура жағдайында айтарлықтай артады. Температураның төмендеуімен парафин мұнайдан кристалдануды бастайды, бұл мұнайдың сұйық фазасының құрылымының өзгеруіне әкеледі. Осыған байланысты экономикалық тиімділікті, тасымалдау жүйелері жұмысының сенімділігін және экологиялық жағдайды жақсартуды арттыруға мүмкіндік беретін мұнайды жанама жылытудың индукциялық қондырғыларын енгізу және пайдалану сұранысқа ие болып отыр. Мұнайды жылыту жылытқыштың қабырғаларының рұқсат етілген шекті температурасына технологиялық шектеулерді ескере отырып, конвективті жылу алмасу есебінен жүзеге асырылады, оны ұстап тұру мамандандырылған автоматты басқару жүйесінің көмегімен жүзеге асырылуы мүмкін.

### **Зерттеудің мақсаты**

Модельдерді, зерттеу әдістерін, алгоритмдерді синтездеу және құбыр көлігі қондырғыларындағы мұнай ағынын жанама индукциялық қыздыру процесін автоматты басқару жүйелерін жасау бойынша ғылыми-техникалық мәселені шешу.

Осылайша, өзекті мәселелер жылытқыштың жылу алмасу процестерінің барабар математикалық модельдерін құру болып табылады, оларды жылытқыш қабырғасының кеңістіктік бөлінген температуралық өрістерін және мұнай ағынын ескере отырып салуға болады, сонымен қатар жанама қыздыру индукциялық қондырғыларының таратылған автоматты басқару жүйелерін синтездеу және талдау әдістемесін жасау мәселелері.

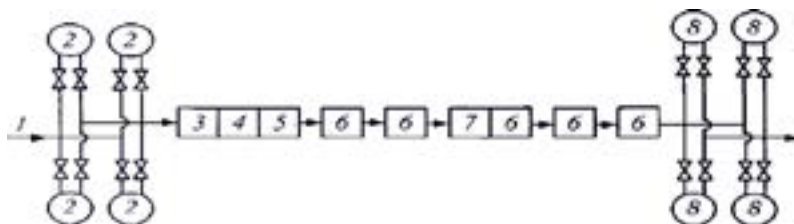
*Алынған нәтижелердің ғылыми жаңалығы:*

– құбыр көлігі қондырғыларындағы мұнайды индукциялық қыздыру процесінің математикалық моделі жылытқыш қабырғасының температуралық өрістерінің өзара әсерін және мұнай ағынын ескере отырып өзгертіледі, бұл жоғары сапалы автоматты басқару жүйесін құру үшін оларды сипаттаудың қажетті дәлдігін қамтамасыз етеді.

### **Әдістер мен материалдар**

Мұнайды 40–50°C температураға дейін алдын-ала жылыту, содан кейін салқындату бастапқы мұнаймен салыстырғанда мұнайдың реологиялық қасиеттерін күрт төмендетеді. Бірақ қыздыру температурасын 50°C-тан жоғары көтерген жөн, өйткені реологиялық қасиеттер, керісінше, жақсарады: тиімді тұтқырлық, қату температурасы, кірістілік шегі және т.б. төмендейді. қыздыру температурасынан басқа, салқындату жылдамдығы мен мұнайдың соңғы температурасы термиялық өңдеу нәтижелеріне үлкен әсер етеді. Технологиялық талаптарға сәйкес мұнай ағынының температурасы 90°C-тан аспауы керек.

Жылыту тұтқырлығы жоғары мұнайды құбырлар арқылы тасымалдауға дайындау циклінің қажетті құрамдас бөлігі болып табылады. Сонымен қатар, мұнайды жылыту режимі және жылыту қондырғыларының сипаттамалары бүкіл кешеннің тиімді жұмыс істеуіне айтарлықтай әсер етеді. 1-суретте “ыстық” магистральдық құбырдың (мұнай құбырының) қағидаттық схемасы көрсетілген. Мұнай кен орнынан құбыр арқылы 2 бас айдау станциясының резервуарлық паркіне беріледі, онда жылыту құрылғыларымен жабдықталған резервуарларда мұнай температурасы сақталады. Резервуарлардан мұнай 3 тіреуіш сорғылармен алынады, 4 бу немесе от жылытқыштары арқылы сорылады, содан кейін 5 негізгі сорғылардың көмегімен магистральға сорылады (Гайдук, 2019).



Сур. 1. “Ыстық” магистральдық мұнай құбырының технологиялық схемасы  
(Fig.1. Technological scheme of the” hot “ main oil pipeline)

Мұнай қозғалған сайын салқындатылатындықтан (үйкеліс шығындарының артуына әкелетін), ол әр 25–100 км сайын құбырдың ұзындығы бойымен орналасқан 6 аралық жылу станцияларында жылытылады. Ұзақ қашықтықта жылу станциялары 7 аралық айдау станцияларымен біріктіріледі. Жылу станцияларынан кейін мұнай құбырының 8 соңғы пунктiнiң резервуарларына түседі.

Көптеген технологиялық қондырғыларда мұнай мен мұнай өнімдерін жылыту құбырлы пештерде (отты жылытқыштар) жүзеге асырылады, онда жағылатын жанармайдың жылуы құбыр катушкасы арқылы сорылатын суға немесе будың сұйық консистенциясына беріледі. Құбырлы пештермен қатар жылу алмасу аппараттары (ТА) пайдаланылады (Гусева, 2011), онда мұнай өнімін қыздыру мұнай өнімдерінің жоғары температуралық ағындарын немесе арнайы жылу тасымалдағыштарды (су буы, даутерм буы, май және т.б.) пайдалану есебінен жүзеге асырылады.

Тасымалдау кезінде мұнайды қыздырудың қолданылатын әдістері бірқатар кемшіліктерге ие:

а) құбырлы пештердегі шығатын түтін газының температурасы салыстырмалы түрде жоғары болуы мүмкін, бұл жылудың жоғарылауына, пештің тиімділігінің төмендеуіне және отынның көп тұтынылуына әкеледі.

б) отты пештер қоршаған ортаның ластануына әкелетін көмірқышқыл газы мен адам денсаулығына зиянды шығарындылардың көзі болып табылады.

в) жылу алмасу аппараттарының кемшіліктері: көлемділігі, металдың үлкен шығыны, жылу алмасу аппараттарының бөліктерін тазалау және жөндеу күрделілігі, төмен пәк, жоғары жылдамдықтағы жылу тасымалдағыштарды өткізу қиындығы (ТҚ қаптама-құбырлы ТҚ), жүйенің жоғары инерциялығы, бұл процесті тез тоқтату қажет болған жағдайда оны пайдалануды болдырмайды.

г) жылу алмасу аппаратурасын пайдалану ерекшелігі (бу және от жылытқыштар) жоғары білікті қызмет көрсетуші персоналдың тұрақты бақылауы мен реттеуін талап етеді.

Осыған сүйене отырып, экономикалық тиімділікті, жүйелердің сенімділігін арттыру және экологиялық жағдайды жақсарту индукциялық жылытуы бар жылу алмастырғыштарды қолдануға мүмкіндік береді, олар бірқатар

артықшылықтарға ие: әмбебаптылық, инерциясыздық, жоғары жылу беру және біркелкі жылу жүктемесі. тікелей құрылғы қабырғасында жылу пайда болады, тиімділігі жоғары.

#### *Шешудің аналитикалық әдістері*

Жылу өткізгіштік теңдеуін шешудің аналитикалық әдістері мәселенің толық математикалық тұжырымын қолдана отырып, оның аналитикалық шешімін табатындығында.

Әдебиетте әр түрлі өлшемділік есебі жағдайында жылу өткізгіштік теңдеуін шешудің әртүрлі әдістері қарастырылады: айнымалыларды бөлу әдісі (Фурье әдісі), көздер әдісі, операциялық әдіс, ақырлы интегралдық түрлендіру әдісі.

Фурье әдісінің негізгі идеясы-жартылай туынды теңдеу үшін есепті шешу тәуелсіз айнымалылардың аз саны бар теңдеулер үшін көмекші есептерді шешуге дейін азаяды. Осылайша, теңдеуді жартылай туындылармен шешу қарапайым дифференциалдық теңдеулерді шешуге дейін азаяды.

Қайнар көзі әдісі жергілікті жылу шығарумен байланысты дәнекерлеу кезінде металды жылыту және салқындату мәселелерін шешуге ыңғайлы. Көздер әдісінің физикалық мәні жылу өткізгіштікпен денеде жылудың таралуының кез-келген процесін кеңістікте де, уақытта да таратылатын көптеген қарапайым жылу көздерінен температураны теңестіру процестерінің жиынтығы ретінде ұсынуға болатындығында. Осы әдіс бойынша жылу өткізгіштік мәселелерін шешу негізінен көздерді дұрыс таңдауға және оларды таратуға дейін азаяды.

Интегралдық түрлендіру әдісі-берілген Шекті немесе бастапқы жағдайларда сызықтық дифференциалдық теңдеулерді шешу әдістерінің жиынтығы (шексіз және шексіз шектермен интегралдық түрлендіру), осы теңдеуден қажетті функцияны интегралдық түрлендіру үшін теңдеуге ауысудан тұрады. Соңғы теңдеу қарапайым болуы мүмкін. Интеграцияның соңғы шегі жағдайында бұл әдіс ақырлы интегралдық түрлендіру әдісі деп аталады.

Снеддон Фурье мен Ханкельдің интегралдық түрлендірулері шығарылатын айнымалылардың соңғы аймағына таралған. Гринберг Г.А., Кошляков Н.С. ұсынған идеяны әзірледі және сызықты емес шекаралық жағдайлары бар сызықтық дифференциалдық теңдеулерді шешу үшін жылжымалы шекаралармен жылу өткізгіштік (диффузия) есептерін шешудің осы әдісін жинақтады.

Грин функциясының әдісі, дереккөз әдісі-Грин функциясын қолдана отырып, жартылай туындылардағы дифференциалдық теңдеулердің шешімін табу әдісі. Сызықтық дифференциалдық теңдеу үшін шекаралық есептің Жасыл функциясы біртекті шекаралық шарттарға сәйкес келетін теңдеудің іргелі шешімі болып табылады. Бастапқы және шекаралық жағдайлар қарапайым көздер жүйесімен ауыстырылады және әрбір қарапайым көз үшін мәселе шешіледі. Бастапқы мәселенің толық шешімі қарапайым көздер үшін шешімдерді жинақтау нәтижесінде алынады.

Аталған аналитикалық әдістер бірқатар жеңілдетілген мәселелердің шешімін табуға мүмкіндік береді: тұрақты коэффициенттер, шекаралардың канондық формалары және т.б. Карслоу Г. және Джегер Д., Карташова Э.М., Кошлякова Н.С., Лыкова А.В. және т.б. монографияларында көптеген “типтік” тапсырмалар үшін шешімдер жиынтығы берілген. Қазіргі уақытта жылу өткізгіштіктің бір өлшемді есептерінің өте көп саны аналитикалық жолмен шешілді.

Таратылған басқару конфигурациясына шектеулер болған кезде объектінің модальды көрінісін зерттеу керек.

Модальды басқару жүйелерінің синтезі, әдетте, әр реттелетін режимді тәуелсіз басқару мүмкіндігі бар деген болжам негізінде жүзеге асырылады. Сонымен қатар, осы жұмыста қарастырылған Технологиялық қондырғы еркін конфигурацияның таратылған басқару әсерін қалыптастыруға мүмкіндік бермейді. Осылайша, кеңістіктік басқару конфигурациясының шектеулері бар объектінің басқарылатын режимдерінің байланыс өлшемін бағалау қажет.

Құбыр көлігі үшін көп секциялы жылытқыштың дизайнын таңдау міндеті — индукторлардың ұзындығын, секцияларының санын анықтау. Оңтайлы дизайнды таңдағаннан кейін технологиялық жылытуды орнатудың температуралық режимін автоматты басқару жүйесін синтездеу мәселесі шешіледі.

Басқару объектісі әзірленген қабырға мен ағын арасындағы жылу алмасу процесінің сандық-аналитикалық моделі болып табылады, ол жылытқыш қабырғасы мен ағынның температуралық таралуының өзара әсерін ескереді. Қабырға мен ағынның температуралық үлестірімін жуықтау коэффициенттерін есептеу жылытқыштың ұзындығы бойынша біркелкі бөлінген 13 нүктедегі температураны өлшеу арқылы жүзеге асырылады (mnk, MNK 1 блоктары). Бұл нүктелер нақты қондырғыдағы температураны бақылау технологиясымен ешқандай байланысы жоқ және диссертацияда қолданылатын таратылған параметрлері бар жүйелерді сандық-аналитикалық модельдеу тәсіліне сәйкес жылытқыш моделін құру үшін қолданылады.

Басқару жүйесі жылытқыштың ұзындығы бойынша жеті нүктеде қабырғаның температуралық таралуын бақылайды (температура датчиктері секциялық аралықтардың ортасында, сондай-ақ жылытқыштың басында және соңында орналасқан). Модельдеу кезінде есептеулерді ұйымдастырудың ыңғайлылығы үшін сандық аналитикалық модельдегі температураны өлшеудің 13 нүктесінің жетеуінің координаттары нақты қондырғыдағы температура сенсорларының орналасу нүктелеріне сәйкес келеді. Бұдан әрі модальды анализатор блогында (МА) жеті өлшем бойынша басқару жүзеге асырылатын қателердің алты уақытша режимі қалпына келтіріледі.

Бұл жұмыста модальды басқару жүйесін зерттеу кезінде құбыр қабырғасының қажетті температурасы 120°C деңгейінде белгіленді, сондықтан мұнай ағынының температурасы 90°C-тан аспайды, бұл жоғары тұтқыр мұнай айдау технологиясына байланысты. Қабырға мен ағын үшін

сандық аналитикалық модельдерде болат пен мұнайдың термофизикалық параметрлері қолданылды. Қыздыру қондырғысының ұзындығы  $f_1$  — 6,36 м; бір секцияның ұзындығы  $L - 1$  м.

Модальды басқару жүйесін зерттеу барысында ағынның кіріс температурасы  $g(p)$  20-дан 30°C-ка дейін күрт өзгерді.

Q басқару әрекеті векторының компоненттерінің өзгеру графигі суретте көрсетілген.

Наразылық 100 секунд уақыт аралығында қолданылады, наразылық келтірілгенге дейін объект тұрақты күйде болады. Қисықтардың реттік нөмірлері құбыр бетіндегі индукциялық жылытқыштардың санына сәйкес келеді.

Технологиялық қондырғының жоғары тиімділігі жобалау және басқару мәселелерін қою және шешу кезінде жүйелік тәсілді қолданған кезде ғана мүмкін болады.

Мұнай тасымалдаудың технологиялық желісіне кіретін тиімді индукциялық жылыту қондырғысының энергиясын әзірлеу үшін сұйықтықты жанама Индукциялық қыздыру кезінде жылу процестерін математикалық модельдеу мәселесін шешу қажет. Модельдеу нәтижелері индукциялық жылытқыштың дизайнын жобалау және қондырғының жұмыс режимін автоматты басқару жүйесін енгізу кезінде қолданылады.

Жылытқыш пен сұйықтық қабырғасының температуралық өрістерінің әрекеті жылу өткізгіштіктің дифференциалдық теңдеулерімен сипатталады. Дифференциалдық теңдеу зерттелетін құбылысты сипаттайтын физикалық шамалар арасындағы математикалық тәуелділіктерді сипаттайды, бұл физикалық шамалар кеңістік пен уақыттың функциялары болып табылады. Мұндай теңдеу кез-келген уақытта дененің кез-келген нүктесінде физикалық құбылыстың ағымын сипаттайды.

$$\frac{\partial y}{\partial x} = a \nabla^2 T + \frac{q}{c\gamma}, \quad (1)$$

$$\text{мұндағы, } \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

а-температура өткізгіштік коэффициенті;

q-ішкі жылу көздерінің меншікті қуаты.

Жылу өткізгіштіктің дифференциалдық теңдеуі (1) дене температурасының уақытша және кеңістіктік өзгерістері арасындағы байланысты орнатады; ол дененің ішіндегі жылу тасымалын математикалық түрде сипаттайды (Ельмуразаева, 2017) Кез-келген уақытта дененің ішіндегі температура өрісін табу үшін, яғни дифференциалдық теңдеуді шешу үшін дененің ішіндегі температураның бастапқы уақытта таралуын, дененің геометриялық пішінін және қоршаған орта мен дененің беті арасындағы өзара әрекеттесу Заңын білу керек. шекаралық жағдай.

Мұнайды жылыту жылытқыштың қабырғаларының рұқсат етілген шекті температурасына технологиялық шектеулерді ескере отырып, конвективті жылу алмасу есебінен жүзеге асырылады, оны ұстап тұру мамандандырылған автоматты басқару жүйесінің көмегімен жүзеге асырылуы мүмкін. Осылайша, жылытқыштың жылу алмасу процестерінің барабар математикалық модельдерін құру мәселелері өзекті болып табылады, оларды жылытқыштың қабырғалары мен мұнай ағынының температуралық өрістерінің кеңістіктік таралуын ескере отырып ғана салуға болады, сонымен қатар жанама қыздыру индукциялық қондырғыларының таратылған автоматты басқару жүйелерін синтездеу және талдау әдістемесін жасау мәселелері.

Өнеркәсіппен технологиядағы технологиялық қондырғылардың маңызды бөлігі-жылытқыштың қабырғасы мен мұнай ағыны арасындағы жылу алмасу процесін цилиндрлік координаттардағы екі өлшемді дифференциалдық теңдеулер жүйесі ұсынуы мүмкін:

$$\frac{\partial T_{st}(x,r,t)}{\partial t} = a_{cm} \cdot \left[ \frac{\partial^2 T_{st}(x,r,t)}{\partial x^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_{st}(x,r,t)}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_{st}(x,r,t)}{\partial r^2} \right] + \frac{F(x,r,t)}{c_{cm} \cdot \gamma_{cm}}, \quad (2)$$

$$0 \leq x \leq L, R_1 \leq r \leq R_2, t > 0, a_{cm} \neq 0$$

$$\frac{\partial T_{fl}(x,r,t)}{\partial t} = a_n \cdot \left[ \frac{\partial^2 T_{fl}(x,r,t)}{\partial x^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_{fl}(x,r,t)}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_{fl}(x,r,t)}{\partial r^2} \right] - v(r) \cdot \frac{\partial T_{fl}(x,r,t)}{\partial x}, \quad (3)$$

$$0 \leq x \leq L, R_0 \leq r \leq R_1, t > 0, a_n \neq 0$$

Бастапқы шарттар:

$$(x, r, 0) = T_{st0}(x, r); T_{fl}(x, r, 0) = T_{fl0}(x, r), \quad (4)$$

Шекті шарттар:

$$\left. \frac{\partial T_{st}(x,r,t)}{\partial t} \right|_{x=0} = 0; \left. \frac{\partial T_{st}(x,r,t)}{\partial t} \right|_{x=L} = 0; \quad (5)$$

мұндағы  $T_{st}(x, r, t)$  — бұл жылытқыш қабырғасындағы температураның таралуы (ұзындығы мен радиусы бойынша),  $С$ ;  $F(x, r, t)$  — ішкі жылу бөлу қуаты (Индукциялық қыздыру),  $Вт/м^3$ ,  $T_{fl}(x, r, t)$  — сұйықтық ағынының температурасын бөлу (ұзындығы мен радиусы бойынша),  $^{\circ}C$ ;  $v(r)$ - радиус бойынша жылдамдықты бөлу функциясы,  $м/с$ ;  $a$  — қабырға мен ағын арасындағы жылу беру коэффициенті (немесе ағын мен қабырға арасында),  $Вт/(м^2 \cdot ^{\circ}C)$ ;  $a_{cm} = \lambda_{cm} / (c_{cm} \cdot \gamma_{cm})$  — материалдың температуралық өткізгіштігі (болат),  $м^2/с$ ,  $\lambda_{cm}$  - материалдың жылу өткізгіштігі (болат),  $Вт/(м \cdot ^{\circ}C)$ ;  $c_{cm}$  - материалдың меншікті жылу сыйымдылығы (болат),  $Дж/(кг \cdot ^{\circ}C)$ ;  $\gamma_{cm}$  — материалдың тығыздығы (болат),  $кг/м^3$ ;  $a_n = \lambda_n / (c_n \cdot \gamma_n)$  ағынның температуралық өткізгіштік коэффициенті (мұнай),  $м/с$ ;  $k$ ,  $\lambda_n$  - сұйықтықтың жылу өткізгіштігі (мұнай),  $Вт/(м \cdot ^{\circ}C)$ ;  $c_n$  - сұйықтықтың меншікті жылу сыйымдылығы (мұнай),  $Дж/(кг \cdot ^{\circ}C)$ ;  $\gamma_n$  — плотность жидкости (нефть),  $кг/м^3$ ,  $L$  — жылу алмастырғыштың ұзындығы,  $м$ ;  $R_0, R_1, R_2$  — жылытқыштың параметрлері,  $м$ .

Болаттың жоғары жылу өткізгіштігінің арқасында жылу өткізгіштік

теңдеуінде (1) қабырғаның қалыңдығы бойынша температураның таралуын ескеруден бас тартуға болады. Тапсырма қоюды қабылданған оңайлатудың қолайлылығы сандық эксперименттердің нәтижелерімен расталады.

Қыздырғыштың жұмыс саңылауында ағынның жақсы араласуы жағдайында ағынның жылдамдығы (3) теңдеудегі радиус бойынша кез келген нүктеде бірдей қабылдануы мүмкін.

Мұнайдың сулылығы туралы температура коэффициенті  $\frac{\partial^2 T_{fl}(x,r,t)}{\partial x^2}$  теңдеуі (4) ағынның жылдамдығынан алты есе аз, сондықтан оны елемеуге болады.

Сонда зерттеу мәселесін тұжырымдау келесідей болады:

$$\frac{\partial T_{st}(x,t)}{\partial t} = a_{cm} \cdot \frac{\partial^2 T_{st}(x,t)}{\partial x^2} + \frac{F(x,t)}{c_{cm} \cdot \gamma_{cm}} + \beta_{cm} \cdot (T_{fl}(x,t) - T_{cm}(x,t)) \quad (6)$$

$$\frac{\partial T_{fl}(x,t)}{\partial t} + v \cdot \frac{\partial T_{fl}(x,t)}{\partial x} = \beta_{fl} \cdot (T_{fl}(x,t) - T_{cm}(x,t)) \quad (7)$$

Бастапқы шарттармен:

$$T_{st}(x, 0) = T_{st0}(x); T_{fl}(x, 0) = T_{fl0}(x), \quad (8)$$

және шекаралық шарттармен:

$$\left. \frac{\partial T_{st}(x,r,t)}{\partial t} \right|_{x=0} = g_1(t); \left. \frac{\partial T_{st}(x,r,t)}{\partial t} \right|_{x=L} = g_2(t); \quad (9)$$

$$T_{fl}(0, t) = g(t) \quad (10)$$

мұндағы  $T_{st}(x, t)$  — құбыр қабырғасының температурасын жылытқыштың ұзындығына бөлу, °C,  $T_{fl}(x, t)$  - ағынның температурасын ұзындығы бойынша бөлу, °C;  $F(x, t)$  — ішкі жылу шығарудың меншікті қуаты,  $Bm/m^3$ ,  $v$  — ағынның жылдамдығы,  $m/c$ ;  $0 t$  — ағынмен қабырғаның конвективті жылу алмасуының келтірілген коэффициенті,  $1/c$ ,  $\beta_{fl}$  — қабырғамен ағынның конвективті жылу алмасуының келтірілген коэффициенті,  $1/c$ .

Конвективті жылу алмасудың келтірілген коэффициенттері жылу алмасудың беткі ауданын және жылу алмасуға қатысатын заттардың көлемін, физикалық сипаттамаларын ескереді.

Басқару міндетіне жоғары сапалы автоматты басқару жүйесін құру үшін оларды сипаттаудың қажетті дәлдігін қамтамасыз ететін жылытқыш қабырғасының температуралық өрістерінің және мұнай ағынының өзара әсерін ескере отырып, құбыр көлігі қондырғыларындағы Индукциялық қыздыру процесінің математикалық моделі кіреді. Таратылған параметрлері бар басқару объектілерінің жуық модельдерін құрудың әртүрлі әдістері.

### **Нәтижелер және оларды талқылау**

Бастапқы мәселенің кейбір жеңілдетілген шекті нұсқалары үшін алынған аналитикалық шешімдер зерттелетін құбылыстың механизмін толық көрсетуге, сапалы тәуелділіктерді анықтауға мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде сандық алгоритмді жақсартуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар,



дәл шешімдер, әдетте, компьютерлік бағдарламаларды жөндеуде, сондай-ақ есептеулердің дәлдігін бақылау үшін қолданылатын сынақтардың рөлін атқарады.

Бұл мақалада, модальды басқару жүйесін зерттеу кезінде мұнай ағынының температурасы 90 градустан аспауы үшін құбыр қабырғасының қажетті температурасы 120 градусқа орнатылды, бұл тұтқырлығы жоғары майларды айдау технологиясына байланысты. Қабырғаға және ағынға арналған сандық-аналитикалық үлгілерде болат пен мұнай үшін термофизикалық параметрлер қолданылды. Жылу алмастырғыштың ұзындығы  $L=6,36$  м; бір секцияның ұзындығы  $L_c=1$  м. Модальды басқару жүйесін зерттеу барысында ағынның кіріс температурасы күрт 20-дан 30 градусқа дейін өзгерді. Әр түрлі уақыттағы қабырғаның шығысындағы жеті нүктедегі температура мәндері — бұзылғанға дейінгі стационарлық күй 155, бұзылудан кейінгі тұрақты күй, екі режимнің максималды температура ауытқуы кезі 1-ші кестеде берілген. Температураның белгіленген мәннен 120 градус ауытқуы модальды реттегіштің синтезіндегі режимдердің соңғы санын есепке алумен байланысты және техникалық талаптарға сәйкес келетін бір градус шегінде қалады.

Көрнекі модельдеу пакеттерінің ішінде MATLAB пакеті ерекше орын алады. MATLAB әр түрлі пәндік аймақтар үшін бірыңғай принциптерге негізделген, сонымен бірге жұмыс ортасы да, бағдарламалау тілі болып табылады (Романов, 2019).

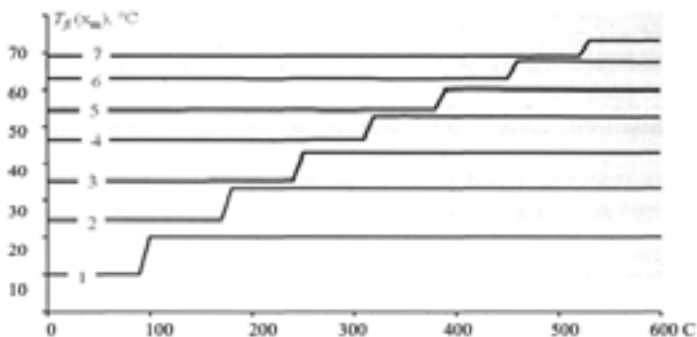
Модельдеу кезінде жүйеде болып жатқан процестерді бақылау үшін SIMULINK кітапханасының құрамына кіретін арнайы бақылау құрылғылары қолданылады. Модельдеу нәтижелері графиктер немесе кестелер түрінде ұсынылыады.

Сонымен, сандық және аналитикалық әдістер шекаралық есептерді зерттеуде ақылға қонымды түрде біріктірілуі керек (Храменков, 2019). Басқару жүйесі жылытқыштың ұзындығы бойынша жеті нүктеде қабырғаның температуралық таралуын бақылайды. Қабырғаның ұзындығы жеті нүктедегі температура мәндері әр түрлі уақытта көрсетіледі. Екі режимнің максималды температуралық ауытқуының белгіленген режимі 1-ші кестеде келтірілген.

Кесте 1. Қабырғаның температуралық өрісін талдау

Уақыт сәті	Қабырға ұзындығы бойынша жеті нүктедегі температура мәні, °C						
	0	1,06 м	2,12 м	3,18 м	4,24 м	5,3 м	6,36 м
Сәтке дейін	119,54	120,83	119,21	120,83	119,13	120,832	119,63
Максималды ауытқу	119,85	120,64	119,34	120,72	119,23	120,74	119,64
қолданғаннан кейін	119,6	120,75	119,26	120,75	119,23	120,75	119,64

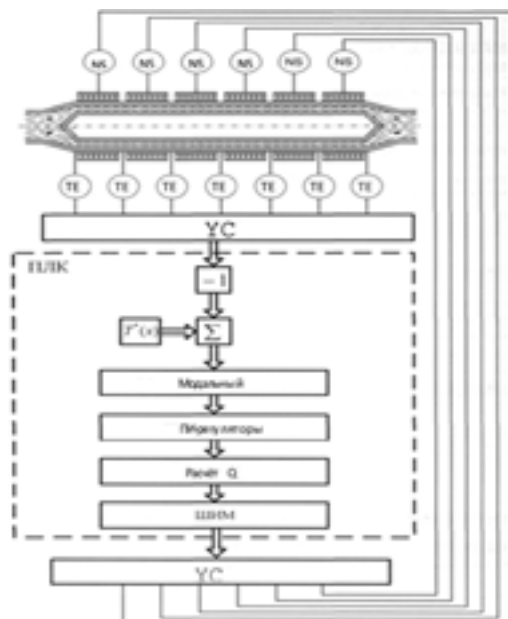
Модельдеу кезінде есептеулерді ұйымдастырудың ыңғайлылығы үшін сандық аналитикалық модельдегі температураны өлшеудің 13 нүктесінің жетеуінің координаттары нақты қондырғыдағы температура сенсорларының орналасу нүктелеріне сәйкес келеді.



Сур. 2. Жеті нүктедегі мұнай ағынының температурасы  
(Fig. 2. Oil flow temperature at seven points)

Бұдан әрі модальды анализатор блогында (МА) жеті өлшем бойынша алты уақытша қателік режимі қалпына келтіріледі, олар бойынша басқару жүзеге асырылады.

2-ші суретте қыздырғыштың шығысындағы мұнай ағынының температурасы 90°C-тан аспайтынын көруге болады, бұл тұтқыр мұнайды айдау кезінде технологиялық талаптарға жауап береді. Жылытқыш қабырғасының температуралық өрісін модальды басқару жүйесін техникалық іске асыру. Қыздырғыш қабырғасының температурасын ұстап тұруға арналған модальды басқару жүйесінің функционалды диаграммасы 3-ші суретте көрсетілген.



Сур.3. Мұнайды жанама қыздырудың индукциялық қондырғысын басқару жүйесін техникалық іске асыру  
(Fig. 3. Technical implementation of the induction unit control system of indirect heating of oil)

Температура датчиктерінен (ДТ) қабырға ұзындығы бойынша нүктелердегі температура мәндері аралас көпфункционалды құрылғы болып табылатын және аналогтық сигналдарды тіркеуге және бағдарламаланатын логикалық контроллер блогына (PLC) тіркеу нәтижелері туралы ақпаратты беруге арналған объектімен (uso) байланыс құрылғысына келеді (Шалыгин және т.б., 2019).

Содан кейін температураның берілген мәні өлшенгендермен салыстырылады, сәйкессіздік қатесі модальды анализатордың кірісіне беріледі. МА шығуынан Сигнал ПИ-реттегіштерге, содан кейін индукциялық жылытқыштардың алты секциясы бойынша басқару әсерін өндіретін “Q есептеу” блогына түседі.

Жанама индукциялық майды қыздырудың индукциялық қондырғысын басқару жүйесін қазіргі заманғы көптеген өнеркәсіптік контроллерлердің бағдарламалық жасақтамасы арқылы жүзеге асыруға болады (Скобло, 2000). Басқару жүйелерін құруға ұсынылған тәсіл мұнай ағынын жылыту қондырғысының қыздыру элементтерін іске асырудың басқа тәсілдеріне қолданылуы мүмкін.

### **Қорытынды**

Бөлінген басқару әсерінің кеңістіктік конфигурациясына шектеу жағдайында қабырғаның температуралық таралу режимдерін басқару тізбектерінің байланысын талдау жүргізілді. Алты қыздыру бөлімі бар қондырғы алты тәуелсіз басқару тізбегі бар модальды басқару жүйесін құруға мүмкіндік береді.

— Бөлінген басқаруды қалыптастыруға қойылған шектеуді ескеретін” ыстық “магистральдық мұнай құбырының технологиялық схемасы ұсынылды;

— Динамикалық шоғырланған жүйелерді компьютерлік модельдеу пакетінде мұнай ағынының температурасының таралуын ескере отырып, жылытқыш қабырғасының температуралық үлестірілуін модальды басқару жүйесінің сандық-аналитикалық моделі енгізілген.

— қабырғаның температуралық өрістері мен ағынның жылытқыштың ұзындығы бойынша кеңістіктік таралуын ескеретін құбыр көлігі кезінде мұнай ағынын жанама индукциялық қыздыру қондырғыларындағы жылу алмасу процесінің моделі көрсетілді.

— таратылған сигналдардың кеңістіктік жақындауына негізделген жылу алмасу процестерінің сандық-аналитикалық модельдерін құруға тәсіл ұсынылды. Осы тәсілді қолдана отырып, динамикалық концентрацияланған жүйелерді модельдеудің компьютерлік пакетінде таратылған параметрлері бар зерттелген жүйенің моделі жасалып, енгізілді.

— жылу объектілері мен бөлінген параметрлері бар жүйелердің кең ауқымының динамикалық модельдерін, сондай-ақ MATLAB және SIMULINK ғылыми есептеулерінің компьютерлік пакетінде модальді реттеу жүйелерін іске асыру әдістемесі ұсынылды.

— қазіргі заманғы өнеркәсіптік контроллерлер үшін бағдарламалық қамтамасыз ету арқылы жүзеге асырылуы мүмкін жанама индукциялық қыздыру мұнай индукциялық қондырғысын басқару жүйесін іске асыру ұсынылды.

Технологиялық процестерді автоматтандыру қызмет көрсетуге жұмсалатын шығындарды қысқартуға, сондай-ақ персоналға түсетін жүктемені азайтуға мүмкіндік береді. Технологиялық процестерді автоматтандыру нәтижелері:

- Шығарылатын өнім көлемін ұлғайту;
- Шығарылатын өнімнің өзіндік құнын төмендету;
- Шығарылатын өнімнің сапасын жақсарту;

Технологиялық Жабдықтың сенімділігін арттыру және олардың қызмет ету мерзімін ұлғайту;

- Қызмет көрсетуші персонал санының азаюы;
- Материалдарды үнемдеу;
- Еңбек жағдайлары мен қауіпсіздік техникасын жақсарту.

Мұнайды жанама қыздырудың индукциялық қондырғысының технологиялық процесін басқарудың әзірленген автоматтандырылған жүйесі жабдықтың жұмыс режимдерін онтайландыруға, пайдалану қауіпсіздігінің деңгейін арттыруға, жабдық жұмысының үнемділігін арттыруға, негізгі жабдық жұмысының сенімділігі мен ұзақ мерзімділігін арттыруға, операциялық персоналдың психикалық-физикалық жүктемесі мен қате әрекеттерінің ықтималдығын азайтуға әкеледі.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

А.Р. Гайдук, В.Е. Беляев, Т.А. Пьявченко, 2019 — *А.Р. Гайдук, В.Е. Беляев, Т.А. Пьявченко. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB: учебное пособие / — 5-е изд. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — ISBN 978-5-8114-4200-3.*

Гусева М.А. 2011 — *Гусева М.А. Синтез системы модального управления многосекционным индукционным нагревателем нефти/вестн. Самар. Гос. Техн. Ун-та. Сер. Технические науки.*

Ельмуразаева Л.Х., Гершкович Ю.Б. 2017 — *Ельмуразаева Л.Х., Гершкович Ю.Б. Исследование динамики системы оптимального управления трубчатой печью при различных критериях управления // СФЕРА. НЕФТЬ И ГАЗ.*

Подогрев нефти // Горная энциклопедия, 2018 — URL: <http://www.mining-enc.ru/p/podogrev-nefti/>

Романов П.С. 2019 — *Романов П.С. Автоматизация производственных процессов в машиностроении. Исследование автоматизированных производственных систем. Лабораторный практикум: учебное пособие; Санкт-Петербург: Лань — ISBN 978-5-8114-3607-1.*

Храменков В.Г. 2019 — *Храменков В.Г. Автоматизация управления технологическими процессами бурения нефтегазовых скважин / В.Г. Храменков – Вологда: Инфра-Инженерия.*

Шалыгин М.Г. 2019 — *Шалыгин М.Г. Автоматизация измерений, контроля и испытаний: учебное пособие*

М.Г. Шалыгин, Я.А. Вавилин 1975 — *М.Г. Шалыгин, Я.А. Вавилин. Санкт-Петербург: ISBN 978-5-8114-3531-9.*

Байков Н.М., Колесников Б.В., Челпанов П.И. — *Байков Н.М., Колесников Б.В., Челпанов П.И. Сбор, транспорт и подготовка нефти. –М.: «Недра».*

Трубопроводный транспорт нефти и газа: 1988 — Учеб. для вузов/Р.А. Алиев, В.Д. Белоусов, А.Г. Немудров и др. «Недра».

Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. 2000 — *Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. Учебник для ВУЗов. –3-е изд., перераб. и доп. –Москва: ООО «НедраБизнесцентр».*


## REFERENCES

- A.R. Gaiduk, V.E. Belyaev, T.A. Piavchenko. 2019 — A.R. *Gaiduk, V.E. Belyaev, T.A. Piavchenko*. Automatic control theory in examples and problems with solutions in MATLAB: study guide /. – 5th ed. – St. Petersburg: Lan, 2019. - ISBN 978-5-8114-4200-3.
- Guseva M.A. 2011 — *Guseva M.A.* Synthesis of a modal control system for a multi-section induction oil heater//Vestn. Samar. State. Tech. University. Ser. Technical science.
- Elmurazaeva L.Kh., Gershkovich Yu.B. 2017 — *Elmurazaeva L.Kh., Gershkovich Yu.B.* Investigation of the dynamics of the optimal control system for a tube furnace under various control criteria // SPHERE. OIL AND GAS.
- Oil heating // Mining Encyclopedia. 2018 — URL: <http://www.mining-enc. ru/p/podogrev-nefti/>
- Romanov P.S. 2019 — *Romanov P.S.* Automation of production processes in mechanical engineering. Research of automated production systems. Laboratory workshop: study guide; St. Petersburg: Doe, - ISBN 978-5-8114-3607-1.
- Khramenkov V.G. 2019 — *Khramenkov V.G.* Automation of control of technological processes of drilling oil and gas wells / V.G. Khramenkov. – Vologda: Infra-Engineering.
- Shalygin M.G. 2019 — *Shalygin M.G.* Automation of measurements, control and testing: textbook M.G. Shalygin, Ya.A. Vavilin, 1975 — *M.G. Shalygin, Ya.A. Vavilin*. St. Petersburg : ISBN 978-5-8114-3531-9.
- Baykov N.M., Kolesnikov B.V., Chelpanov P.I. — *Baykov N.M., Kolesnikov B.V., Chelpanov P.I.* Collection, transport and preparation of oil. –M.: “Nedra”.
- Pipeline transport of oil and gas: 1988 — Proc. for universities / R.A. Aliev, V.D. Belousov, A.G. Nemudrov and others “Nedra”.
- Skoblo A.I., Molokanov Yu.K., Vladimirov A.I., Shchelkunov V.A. 2000 — *Skoblo A.I., Molokanov Yu.K., Vladimirov A.I., Shchelkunov V.A.* Processes and devices for oil and gas processing and petrochemistry. Textbook for universities. – 3rd ed., revised. and additional - M.: Nedra Businesscenter LLC.

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

Volume 1, Number 345 (2023), 22-36  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.166>

МРНТИ 81.93.29  
УДК 621.39:004.05

© **Z. Avkurova** , **S. Gnatyuk** , **L. Kydyralina** <sup>\*</sup>, **N. Kurmangaliev** , 2023  
Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan.  
E-mail: zhadyra.avkurova.83@mail.ru

### **THE INTELLECTUALIZED METHOD OF EARLY DETECTION AND IDENTIFICATION OF THE VIOLATOR IN INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEMS**

**Z. Avkurova** — master of Technical Sciences. Karaganda Industrial University. Temirtau, Kazakhstan.  
E-mail: zhadyra.avkurova.83@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0706-6075>;

**S. Gnatyuk** — candidate of technical sciences. Kyiv, Ukraine.  
E-mail: sergio.gnatyuk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4992-0564>;

**L. Kydyralina** — PhD. acting associate professor. Shakarim University in Semey, Semey, Kazakhstan.  
E-mail: lazat\_75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2836-0919>;

**N. Kurmangaliev** — PhD. Head of the Department of Information and technical sciences. EI “ALIKHAN BOKEIKHAN UNIVERSITY”. Semey, Kazakhstan.  
E-mail: nurgulkk62@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1709-662X>.

**Abstract:** Protection of the resources of information and communication systems. Some of these systems allow you to determine not only the nature of violations (type of attack), but also the category of the violator. There are two basic approaches for building such systems - signature and behavioral (abnormal). Almost all existing systems are built on the first approach and are not effective in the conditions of fuzzy formalization of input data. The analysis of publications has shown the effectiveness of using the mathematical apparatus of fuzzy logic to solve problems related to identifying attacks on information resources and cybersecurity violators in a weakly formalized environment (cyberspace is certainly such an environment). In this regard, the paper proposes an intellectualized method of early detection and identification of the violator in information and communication systems, which, through the use of fuzzy logic methods, makes it possible to identify the cybersecurity violator in a poorly formalized environment and more accurately identify him in accordance with the selected categories. The input data of the method are network and /or host parameters (the model of network and host parameters proposed by the authors in previous works is used) and the identifiers of

the violator (possible categories), the output generates a message about fixing the fact of the violator and the result of the procedure for categorizing the violator. In future works, based on the proposed method, the authors plan to develop a software system that will effectively identify and identify the violator in information and communication systems.

**Keywords:** identification, intruder, attack, information security, decisive rules, information and communication system

© **Ж.С. Авкурова, С. Гнатюк, Л.М. Кыдыралина\***,  
**Н.К. Курмангалиева, 2023**

Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан.

E-mail: zhadyra.avkurova.83@mail.ru

## **АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕ ҚҰҚЫҚ БҰЗУШЫНЫ ЕРТЕ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ СӘЙКЕСТЕНДІРУДІҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ӘДІСІ**

**Авкурова Ж.С.** — Техника ғылымдарының магистрі. Жасанды интеллект технологиялары кафедрасы. Энергетика. көлік және басқару жүйелері факультет. Қарағанды индустриялық университеті. 101400. Теміртау, Қазақстан.

E-mail: zhadyra.avkurova.83@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0706-6075>;

**Гнатюк С.** — Техника ғылымдарының кандидаты. Ұлттық авиациялық университеті. Киев, Украина.

E-mail: sergio.gnatyuk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4992-0564>;

**Кыдыралина Л.М.** — PhD. Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті КеАҚ, Семей, Қазақстан.

E-mail: lazat\_75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2836-0919>;

**Курмангалиева Н.К.** — PhD. ALIKHAN BOKEIKHAN UNIVERSITY, ББМ. Семей, Қазақстан.

E-mail: nurgulkk62@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1709-662X>.

**Аңдатпа.** Ақпараттық-коммуникациялық жүйелердің ресурстарын қорғау үшін басып кіруді анықтау және алдын алу жүйелері қолданылады. Осы жүйелердің кейбіреулері бұзушылықтардың сипатын (шабуыл түрін) ғана емес, сонымен қатар бұзушының санатын да анықтауға мүмкіндік береді. Мұндай жүйелерді құрудың екі негізгі тәсілі бар — сигнатуралық және мінездік (қалыпты емес). Іс жүзінде барлық қолданыстағы жүйелер бірінші тәсілге негізделген және кіріс мәліметтерін анық емес рәсімдеу жағдайында тиімсіз. Жарияланымдарды талдау нашар рәсімделетін ортада ақпараттық ресурстарға жасалатын шабуылдарды және киберқауіпсіздікті бұзушыларды анықтауға байланысты міндеттерді шешу үшін анық емес логиканың математикалық аппаратын қолданудың тиімділігін көрсетті (мұндай орта сөзсіз киберкеңістік болып табылады). Осыған байланысты, жұмыста анық емес логика әдістерін қолдану арқылы нашар рәсімделген ортада киберқауіпсіздік бұзушыны анықтауға және оны анықталған санаттарға сәйкес дәлірек анықтауға мүмкіндік беретін ақпараттық-коммуникациялық жүйелердегі бұзушыны

ерте анықтау және сәйкестендірудің интеллектуалды әдісі ұсынылған. Әдістің кіріс мәліметтері желілік және / немесе хост параметрлері (авторлардың алдыңғы ұсынған жұмыстарында желілік және хост параметрлерінің моделі қолданылады) және бұзушының идентификаторлары (мүмкін санаттары) болып табылады, нәтижесінде бұзушы фактісін анықтау және санаттау рәсімінің нәтижесі туралы хабарлама жасалады. Ұсынылған әдіс негізінде келесі жұмыстарда авторлар ақпараттық-коммуникациялық жүйелердегі бұзушыны тиімді анықтайтын және сәйкестендіретін бағдарламалық жасақтама жүйесін құруды жоспарлап отыр.

**Түйін сөздер:** сәйкестендіру, бұзушы, шабуыл, ақпараттық қауіпсіздік, шешуші ережелер, ақпараттық-коммуникациялық жүйе

© **Ж.С. Авкурова, С.А. Гнатюк, Л.М. Кыдыралина\***,  
**Н.К. Курмангалиева, 2023**

Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан.  
E-mail: zhadyra.avkurova.83@mail.ru

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗИРОВАННЫЙ МЕТОД РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ НАРУШИТЕЛЯ В ИНФОРМАЦИОННО- КОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

**Авкурова Ж.С.** — Магистр технических наук. Кафедра Технологий искусственного интеллекта. Факультет Энергетики, транспорта и систем управления Карагандинский индустриальный университет. г. Темиртау, Казахстан.

E-mail: zhadyra.avkurova.83@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0706-6075>;

**Гнатюк С.А.** — Национальный авиационный университет. г. Киев, Украина.

E-mail: sergio.gnatyuk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4992-0564>;

**Кыдыралина Л.М.** — PhD. НАО Университет имени Шакарима, города Семей, г. Семей, Казахстан.

E-mail: lazat\_75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2836-0919>;

**Курмангалиева Н.К.** — PhD. УО Alikhan Bokeikhan university, г.Семей, Казахстан.

E-mail: nurgulkk62@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1709-662X>.

**Аннотация.** Для защиты ресурсов информационно-коммуникационных систем (ИКС) применяются системы выявления и предотвращения вторжений. Все эти системы построены на сигнатурном принципе и являются не эффективными в условиях нечеткости входных данных. Некоторые из таких систем позволяют определить не только характер нарушений (тип атаки), а также и категорию нарушителя. Существует два базовых подхода для построения таких систем — сигнатурный и поведенческий (аномальный). Практически все существующие системы построены на первом подходе и являются не эффективными в условиях нечеткой формализации входных данных. Анализ публикаций показал эффективность применения математического аппарата нечеткой логики для решения задач, связанных с выявлением атак на информационные ресурсы и нарушителей



кибербезопасности в слабо формализованной среде (такой средой, безусловно, является киберпространство). В связи с этим, в работе предложен интеллектуализированный метод раннего обнаружения и идентификации нарушителя в информационно-коммуникационных системах, который за счет использования методов нечеткой логики, дает возможность выявить нарушителя кибербезопасности в слабоформализованной среде и более точно его идентифицировать в соответствии с выделенными категориями. Входными данными метода являются сетевые и / или хостовые параметры (используется модель сетевых и хостовых параметров, предложенная авторами в предыдущих работах) и идентификаторы нарушителя (возможные категории), на выходе формируется сообщение о фиксации факта нарушения и результат процедуры категоризации нарушителя. В дальнейших работах, на основе предложенного метода, авторы планируют разработать программную систему, которая будет эффективно выявлять и идентифицировать нарушителя в информационно-коммуникационных системах.

**Ключевые слова:** идентификация, нарушитель, атака, информационная безопасность, решающие правила, информационно-коммуникационная система

### **Вступление**

Сегодня для защиты ресурсов ИКС применяются системы выявления вторжений, а в аспекте выявления факта нарушения информационной безопасности злоумышленником — системы выявления нарушителя. Практически все эти системы построены на сигнатурном принципе и являются неэффективными в условиях нечеткости входных данных (Khosravi et al., 2020). Поэтому целесообразной является разработка систем, которые работают по решающему принципу, а это в свою очередь усложняется использованием статистических данных, что значительно увеличивает требования таких систем к часовым и вычислительным ресурсам. Данную проблему может решить применение методов нечеткой логики. Поэтому разработка метода выявления и идентификации нарушителя в ИКС на основе методов нечетких множеств и предложенных в предыдущих работах моделей является актуальной задачей.

### **Материалы и основные методы**

В работах (Yan et al., 2020) показана эффективность применения математического аппарата нечеткой логики для решения задач, связанных с выявлением атак на информационные ресурсы и нарушителей информационной безопасности в слабо формализуемой среде. В (Iashvili et al., 2021) разработана модель эталонов лингвистических переменных для параметров нечеткого характера за счет формирования множеств пар “нарушитель → параметр” и “нарушитель → набор логико-лингвистических связей”, которая позволяет формализовать процессы обнаружения нарушителя в слабо формализуемой среде с нечеткими условиями. Кроме того, сформированы обнаружения

нарушителя, которые за счет множества эталонных параметров позволяют провести непосредственное обнаружение признаков деятельности неавторизованной стороны и определить его тип с определенным показателем опасности, порожденной возможной атакой нарушителя.

В связи с этим, целью данной работы является разработка метода обнаружения и идентификации нарушителя информационной безопасности в ИКС, использование которого позволит синтезировать систему обнаружения и идентификации нарушителя и повысить эффективность ее работы в условиях нечеткости за счет применения решающих правил (РП) и экспертных методов.

### **Основная часть исследования**

Предложенный метод решает задачу выявления злоумышленника в ИКС, процессы в которых по своей сути являются слабо формализуемой и нечеткой средой. В методе используются элементы нечеткой логики для предварительного принятия решения о возбуждении и идентификации лица-нарушителя, а также базис обычной четкой логики, обеспечивает уточняющую идентификацию.

Метод имеет 3 фазы:

- 1) Подготовительная;
- 2) Работы с нечеткими параметрами;
- 3) Работы с четкими параметрами, которые в свою очередь состоят из отдельных этапов.

Рассмотрим предложенный метод более подробно. Первая фаза предназначена для организации работы системы обнаружения и идентификации нарушителя в ИКС, которая разработана на основе данного метода, ее настройки и определения исходных данных. Для формирования функций принадлежности будем использовать метод лингвистических термов с использованием статистических данных (МЛТС), в нечеткой арифметике - метод линейной аппроксимации по локальным максимумам (ЛЛАМ) и для сравнения функций принадлежности — метод -уровневого расстояния (АУР). Названные методы будут использоваться для обработки нечетких данных при решении поставленной задачи. В первой фазе реализованы этапы 1–4.

*Этап 1 — Выбор метода определения коэффициентов важности (МОКВ)*

На этом этапе проходит выбор МОКВ с заданного множества, используемый в дальнейшем для формирования РП (МОКВ1, МОКВ2 ..., МОКВ25, например, метод средних рангов (СР), мультипликативная свертка Кини (МСК), метод случайных векторов (МСВ) и др.), среди которых выбирается рабочий метод. На выбор метода влияют такие критерии, как форма представления входных (ВхД) и выходных данных (ВыхД), трудоемкость и рекомендуемая шкала (Gnatyuketel, 2021). Если заданным критериям соответствуют несколько методов, то окончательный выбор осуществляется по решению эксперта. Например, в соответствии с заданными критериями и приоритетами из множества  $МОКВ_i (i = \overline{1,25})$  выбирается метод средних рангов.

*Этап 2 — формирование множеств категорий нарушителя и параметров*

Этап ориентирован на определение множеств категорий нарушителя и параметров, которые используются для обнаружения нарушителя. На основе анализа среды ИКС формируются идентификаторы нарушителя для  $k$ -го узла  $I_i^k (i = \overline{1, n}; k = \overline{1, l})$ , а также множества контролируемых нечетких параметров  $P_i^k$  и четких параметров  $SP_i^k (i = \overline{1, m}; k = \overline{1, l})$  и с определенной, заранее установленной, периодичностью их текущие значения заносятся в регистры системы обнаружения и идентификации нарушителя. Согласно фиксируются  $I_i^k, P_i^k$  и  $SP_i^k$ , которые позволяют выявить признаки деятельности 6 видов нарушителя  $I_1^k, I_2^k, I_3^k, I_4^k, I_5^k, I_6^k$  ( $D^k, S^k, C^k, H^k, SB^k$  и  $B^k$  и - дезинформатор, спамер, кречер, хакер, спам-бот и бот-взломщик соответственно) на основе 8 нечетких параметров  $P_1^k, P_2^k, P_3^k, P_4^k, P_5^k, P_6^k, P_7^k$  и  $F_8^k$  ( $Tlog^k, Nlog^k, Tlog^k, I^k, CPU^k, CPU^k, NER^k$  и  $RTPR/F^k$ - время входа в систему, Частота запросов на вход в систему, время, затраченное на вход в систему, Интенсивность действий, процессорное время / загруженность процессора, Количество выполняемых файлов, Количество сбоев и ошибок, время выполнения процесса / файла соответственно) и 7 четких параметров  $SP_1^k, SP_2^k, SP_3^k, SP_4^k, SP_5^k, SP_6^k$  и  $SP_7^k$  ( $UID^k, AtEF^k, UPr^k, TrFin^k, ModF^k, TrFount^k$  и  $KS^k$ - Имя пользователя при входе, Тип используемых файлов при атаке, Несвойственные процессы, Передача файла в систему, Изменение файлов, копирование / передача фалов из системы, Нажатие клавиш клавиатуры соответственно) (Fanetal, 2018).

### Этап 3 — формирование эталонов ЧП

Этот этап направлен на получение эталонных величин, необходимых для измерения текущих значений контролируемых параметров. На основе входных данных, полученных на этапе 2, формируем соответствующие значения эталонов лингвистических переменных для всех  $T_{ij}^e = \bigcup_{f=1}^r T_{ij}^{ef}$  использованием выбранного метода формирования ФН, например,  $\{T_{Tlog}^{ef}, T_{Nlog}^{ef}, T_{Tlog}^{ef}, T_{I}^{ef}, T_{CPU}^{ef}, \dots\}$  (Grimesetal, 2002). Так, для CPU получим в идеале значение  $T_{CPU}^e = \bigcup_{j=1}^3 T_{CPU}^{ej}$ , которые можно представить в виде лингвистических термов для CPU-  $\{T_{CPU}^{e1}, T_{CPU}^{e2}, T_{CPU}^{e3}\} = \{H^e, C^e, B^e\}$  с помощью процедуры визуализации.

### Этап 4 – формирование множества ИП

Создание наборов четких и нечетких РП, используемых для выявления нарушителей в ИКС на основе сравнения эталонных и текущих значений. С использованием аппарата множества лингвистических идентификаторов  $LI = \bigcup_{i=1}^d LI_i$  и наборов логико-лингвистических связей  $LC = \bigcup_{i=1}^n (\bigcup_{j=1}^n LC_{ij}^n)$  (Iashvilietal, 2021) формируется множество альтернатив  $ER_{ij}^k ((i = \overline{1, n}; k = ,$  где  $n$  - количество категорий нарушите-

лей,  $r_n$  - количество правил для обнаружения  $n$ -ой категории нарушителя, а  $d$  - количество альтернативных вариантов для формирования одного правила). Например, для первой категории нарушителя и первого правила получим  $\bigcup_{k=1}^d ER_{11}^k = \{ER_{11}^1, ER_{11}^2, \dots, ER_{11}^5\}$ . Формирование правил осуществляется на основе множества альтернатив с помощью процедуры их выбора, основанная на одном из МОКВ, формируя таким образом наборы ОП, например,

$$ER_3 = \{ER_{31} = (t_I \cong B, t_{CPU} \cong B, t_{NEr} \cong B, t_{RTPr/F} \cong DM) \rightarrow B, ER_{32} \\ = (t_I \cong B, t_{CPU} \cong B, t_{NEr} \cong B, t_{RTPr/F} \cong M) \rightarrow BBH\}.$$

Во второй фазе обрабатываются нечеткие параметры, используемые для обнаружения нарушителя информационной безопасности и отнесения его к одной из предложенных категорий. Если результат работы второй фазы является положительным, то есть обнаружены признаки нарушения информационной безопасности, запускается третья фаза метода. Фаза работы с четкими параметрами имеет уточняющее значение, поскольку процесс идентификации злоумышленника значительно эффективнее на основе четких параметров в отличие от процесса выявления факта нарушения, который целесообразно проводить на основе нечеткой логики. Хотя вторая и третья фазы различны физически и выполняются отдельно их целесообразно логично объединить.

*Этап 5 — формирование связи категории нарушителя с параметрами*

Во время выполнения второй фазы осуществляется обработка нечетких параметров. При этом формируются связи конкретного типа нарушителя информационной безопасности с параметрами, которые необходимы для его обнаружения. Для нашего случая при  $n = 6$  и  $m = 8$  в  $k$ -м узле для идентификаторов нарушителя  $I_1^k, I_2^k, I_3^k, I_4^k, I_5^k$  и  $I_6^k$  создаются связи с параметрами  $P_{n_1}^k = P_{n_2}^k = P_{n_3}^k = (P_1^k, P_2^k, P_3^k, P_4^k, P_5^k, P_6^k, P_7^k, P_8^k)$ ,

$$P_{n_2}^k = P_{n_3}^k = (P_4^k, P_5^k, P_6^k, P_7^k) \text{ и } P_{n_6}^k = (P_1^k, P_2^k, P_3^k, P_4^k, P_5^k, P_6^k, P_7^k, P_8^k), \text{ то есть}$$

$$D^k = C^k = H^k \rightarrow \{T \log^k, S^k = SB^k \rightarrow \{I^k, CPU^k, NEr^k, RTPr/F^k\}\} \text{ и}$$

$$B^k \rightarrow \{T \log^k, N \log^k, TS \log^k, I^k, CPU^k, NEF^k, NEr^k, RTPr/F^k\}, (k = \overline{1, l}),$$

где  $l$  - количество узлов ИКС. После перехода к третьей фазе выполняется обработка четких параметров для формирования связи конкретного типа нарушителя с четкими параметрами, которые необходимы для его идентификации. Например, при  $n = 6$  и  $m = 7$  в  $k$ -м узле с идентификаторами нарушителя  $...$  и создаются связи с четкими параметрами, то есть  $...$

*Этап 6 — формирование и фаззификация параметров*

Работа данного этапа также проходит в два этапа: сначала с нечеткими параметрами, а затем с четкими. По окончанию процедуры формирования связи  $I_i^k \rightarrow P_{n_i}^k$  происходит преобразование множества

текущих значений параметров, фиксируемых в течение определенного времени в одно нечеткое число и таким образом получим  $m$  нечетких чисел  $t_i^k (i = \overline{1, m})$  по каждому параметру связанных с подходящим. Например, при  $m = 6$  будем иметь:  $t_1^k = t_{Tlog}^k, t_2^k = t_{Nlog}^k, t_3^k = t_{TSlog}^k, t_4^k = t_{CPU}^k, t_5^k = t_{CPU}^k, t_6^k = t_{NEF}^k, t_7^k = t_{NEr}^k, t_8^k = t_{RTPr/F}^k$ . В третьей фазе по окончанию процедуры формирования связей  $I_i^k \rightarrow SP_{n_i}^k$  определяются текущие значения четких параметров  $SP_i^k$  на момент перехода к третьей фазе, которые передаются из каждого узла системы на соответствующие каждому параметру модули логической арифметики.

#### *Этап 7 — Обработка и формирование кортежей параметров*

Этап ориентирован на определение значения каждого из нечетких и четких параметров для всей системы в целом и формирования их в один кортеж. Сформированные  $t_i^k (i = \overline{1, n}, k = \overline{1, l})$  параллельно в соответствии с каждого параметра с использованием выбранного метода нечеткой арифметики обрабатываются для получения суммарных показателей  $\sum t^k$ , характеризующих величину контролируемых параметров на всех узлах ИКС. На данном этапе используется один из возможных методов реализации операций нечеткой арифметики в соответствии с заданными пользователем критериями, для предложенного метода наиболее целесообразно использовать метод ЛАЛИМ. Если процесс обнаружения нарушителя информационной безопасности осуществляется только на одном узле ИКС, то никаких логико-арифметических операций на нем не выполняется и не создаются суммарные значения переменных. Полученные суммарные показатели записываются по каждому параметру в кортеж. Фаза работы с четкими параметрами проходит следующим образом: происходит обработка четких параметров и исчисляется их результирующее (суммарное) значение  $\sum SP_i^k$  для всей ИКС. Вычисление происходит по правилам обычной логики. Если значение четкого параметра хотя бы на одном из узлов равно 1, то суммарное значение также равно 1. Если процесс обнаружения нарушителя информационной безопасности осуществляется только на одном узле ИКС, то никаких логико-арифметических операций на нем не выполняется и не создаются суммарные значения переменных. Полученные данные формируются в кортеж  $\langle \sum SP_i \rangle$ .

#### *Этап 8 — формирование результата*

Этап ориентирован на принятие решения о том – произошло ли нарушение информационной безопасности в ИКС, то есть фиксация факта нарушения и идентификация нарушителя по одной из предложенных категорий (дезинформатор, спамер, крeкер, хакер, спам-бот, бот-взломщик). На основе сформированного кортежа с использованием множества правил  $ER_i (i = \overline{1, n})$  с помощью логико-лингвистических связей  $LI_i (i = \overline{1, d})$  выполняется сравнение ФН нечетких параметров с значениями ОП с помощью метода АРВ, то есть выявление возможного нарушителя и идентификация его типа.

Иными словами, каждой категории нарушителя  $I_i^k$  присваивается

логический идентификатор LI (Н, БНВ, С, БВН, В, К). Полученный результат может отображаться как в лингвистической, так и в графической форме в виде нечеткого числа, изображенного на фоне сложившихся эталонных значений лингвистических переменных. Именно на этом этапе формируется промежуточный результат, удостоверяющий факт нарушения информационной безопасности в ИКС и запускает 3-ю фазу метода. После этого проходит работа с четкими параметрами на этапах 5-8.

В результате сформирован кортеж  $\langle \sum SP_i \rangle$  с использованием множества правил  $ESR_i (i = \overline{1, n})$  соответствующих определенному типу  $UI_i^k$  выполняется идентификация типа возможного нарушителя из числа перечисленных выше.

Следует отметить, что количество как идентификаторов (то есть категорий) нарушителя, так и параметров, по которым можно выявить факт нарушения информационной безопасности может быть изменено в процессе работы системы, разработанной на основе данного метода, решением эксперта.

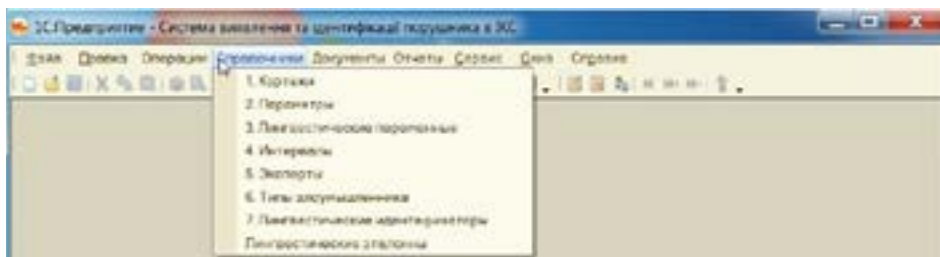
### **Результаты**

На основе предложенной методики экспериментального исследования и математических моделей в среде 1С Предприятие разработано ПО «Система обнаружения и идентификации нарушителя» для проведения имитационного моделирования. В данной программе можно запускать процедуры формирования и коррекции эталонов лингвистических перемен, кортежей и ОП, а также настраивать параметры проведения моделирования.

Выполняемый программный модуль может быть использован на любом компьютере, характеристики которых отвечают минимальным требованиям для работы с 1С Предприятием:

- Процессор IntelPentium IV/Xeon 2,4 ГГц и больше
- Оперативная память 1024 Мб и больше
- Жесткий диск 40 Гб и более
- ОС — MicrosoftWindows.

По сути, была разработана новая конфигурация, реализующая математические модели, раздела 3. Интерфейс программы представлен на рис. 1.



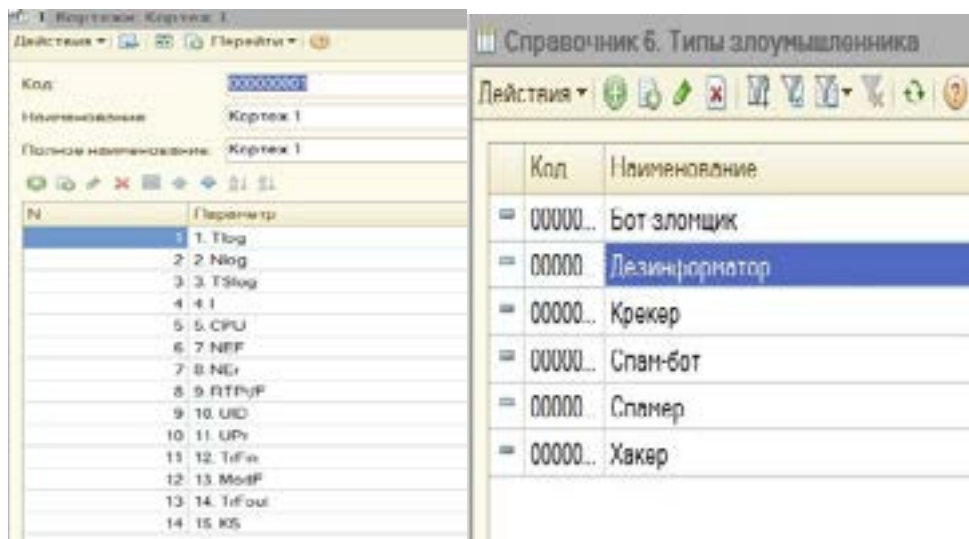
*Рис. 1 – Интерфейс программного средства «Система обнаружения и идентификации нарушителя в киберпространстве»*

*(Pic. 1 – Interface of the software tool “System for detecting and identifying an intruder in cyberspace”)*

В среде IC для работы с постоянной и условно постоянной информацией с некоторым множеством значений в системе используются объекты типа «Справочники». Для реализации предложенных математических моделей были созданы следующие объекты типа «Справочники»: «Кортежи», «Параметры», «Лингвистические Переменные», «Интервалы», «Эксперты», «Типы Злоумышленника», «Лингвистические Идентификаторы». В меню «Справочники» в интерфейсе можно получить доступ к этим справочникам.

В справочнике «Кортежи» хранятся кортежи, используемые при работе системы для обнаружения и идентификации злоумышленника и список параметров, из которых он состоит. На рис. 2а приведены окна формы элемента указанного справочника.

Справочник «Эксперты» служит для хранящейся информации по всем экспертам, принимавшим участие в исследовании (количество экспертов может быть большим, а при проведении эксперимента есть возможность выбрать эксперта с необходимой компетенцией, формировавшего эталоны и правила), а справочник «Типы Злоумышленника» необходим для хранения перечня злоумышленников, выявлявшихся при экспериментальном исследовании. На рис. 2б представлено окно формы списка справочника «Типы злоумышленника».

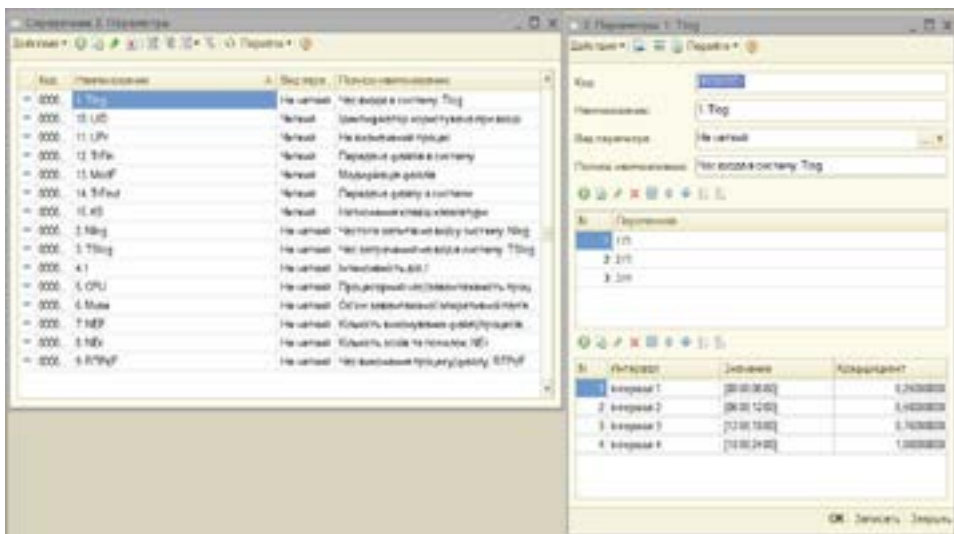


а) окно формы элемента справочника «Кортеж»

б) окно формы списка справочника «Типы злоумышленника»

(a) the form window of the "Tuple" directory element

b) the window of the list form of the reference book "Type of Manslayer")



в) окно формы списка и формы элемента справочника «Параметры» (the window of the list form and the form of the “Parameters” directory element *Pic. 2-Examples of form windows of developed reference books*)

В справочнике «Параметры» хранятся все параметры, задействованные в кортежах. Также в каждом параметре указываются интервалы и лингвистические переменные. Для наглядности на рис. 2в приведены окна формы перечня и формы элемента справочника «Параметры».

Справочники “Лингвистические Переменные” и “Интервалы” служат для хранения информации о вышеуказанных лингвистических переменных и интервалах. Справочник «Лингвистические Идентификаторы» служит для хранящейся информации по всем лингвистическим идентификаторам, используемым в исследовании.

В ИС с помощью объектов типа «Документы» организуется ввод в систему информации об осуществлении любых операций, а также их просмотре и корректировке. В разработанной конфигурации были созданы следующие объекты типа “Документы”: “Установка Эталонов”, “Установка Правил”, “Эксперимент”. В меню «Документы» в интерфейсе можно получить доступ к этим документам.

Эталоны параметров задаются экспертом в документе «Установка эталонов» (например, см. рис. 3). На вкладке Данные эксперта экспертом заполняются значения каждого из интервалов изменения параметра. Программное средство автоматически строит график функции принадлежности эталонов лингвистического изменения.

В документе «Установка правил» эксперт задает используемые в системе лингвистические идентификаторы (пример, см. рис. 4) на вкладке «ЛИ» и присваивает один из них (Н, БНВ, БВН, В, К) соответствующим правилам на вкладке “Правила”.



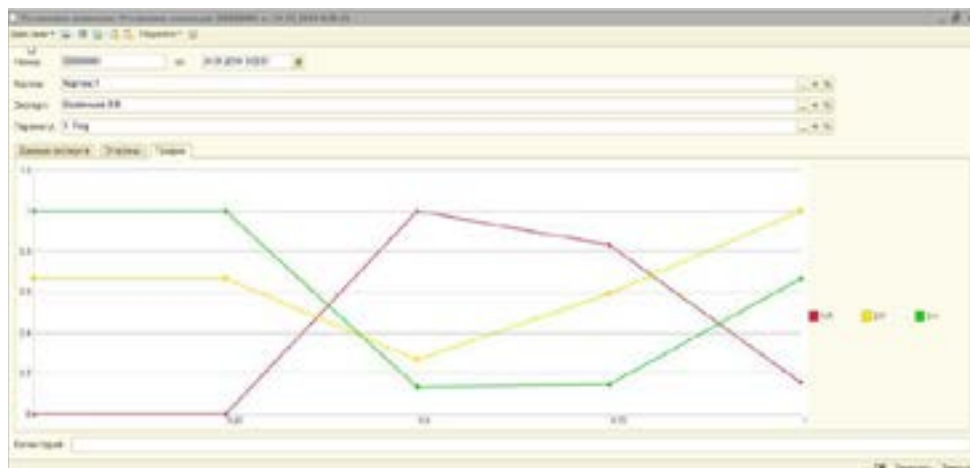


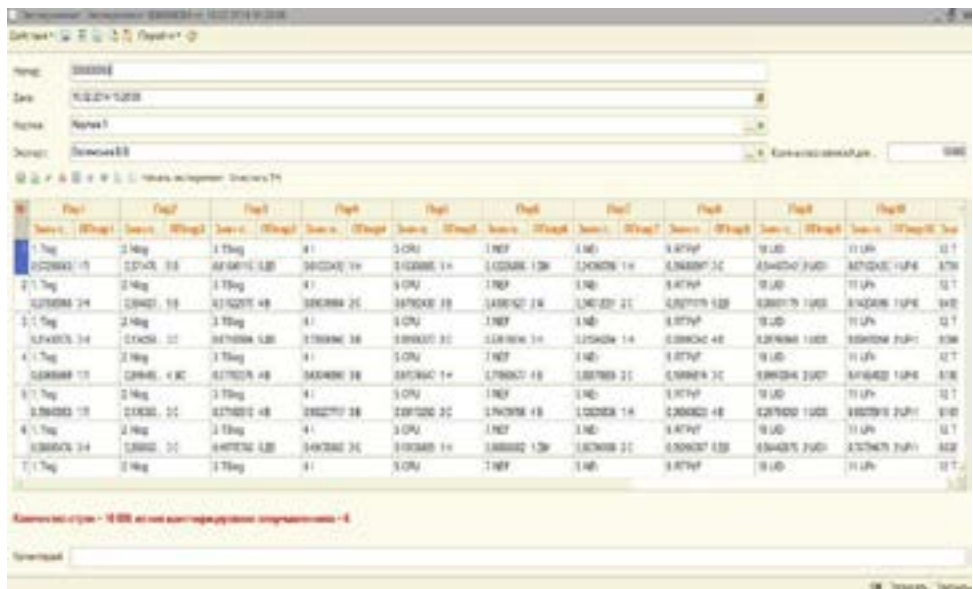
Рис. 3 – Окно формы элемента документа “Установка эталонов”  
 (Pic.3 – The window of the form of the document element “Setting standards”)

После указания эталонов и лингвистических идентификаторов с помощью документа «Эксперимент» можно произвести имитационное моделирование состояния киберпространства и выявление факта нарушения и категории злоумышленника.

№	Имя правила	Лингвистическая комбинация	Пар.	Пар1	Пар2	Пар3	Пар4	Пар5	Пар6	Пар7	Пар8	Пар9	Пар10
0101	2.05	1 Tag=17.2 Mag=4.0 3 Tlog=0.20 4 1=3 5 6 CPU=3.0 7 Net=1.00 8 Net=1 H.5	1 Tag	0 Mag	0 Tlog	4.1	0 CPU	7 Net	0 Net	0 IP	0 Port		
0201	3.05	1 Tag=21.0 Mag=4.0 3 Tlog=1.20 4 1=3 5 6 CPU=3.0 7 Net=5.20 8 Net=1 H.5	1 Tag	0 Mag	0 Tlog	4.1	0 CPU	7 Net	0 Net	1 H	1.0M		
0301	3.05	1 Tag=19.2 Mag=4.0 3 Tlog=0.20 4 1=3 5 6 CPU=3.0 7 Net=5.20 8 Net=1 H.5	1 Tag	2 Mag	0 Tlog	4.1	0 CPU	7 Net	0 Net	0 IP	0 Port		
0401	3.05	1 Tag=17.2 Mag=4.0 3 Tlog=0.20 4 1=3 5 6 CPU=3.0 7 Net=1.00 8 Net=1 H.5	1 Tag	0 Mag	0 Tlog	4.1	0 CPU	7 Net	0 Net	0 IP	0 Port		

Рис. 4 – Окно формы элемента документа «Установка правил»  
 (Pic. 4 – The form window of the document element “Setting rules”)

В форме элемента документа «Эксперимент» задается количество серий опыта в графе «Количество записей для опыта», также остальные характеристики (дата, кортеж, эксперт) и происходит его запуск (окно формы элемента изображено на рис. 5).



*Рис. 5 – Окно формы элемента документа «Эксперимент»  
(Pic. 5 – The form window of the document element “Experiment”)*

**Обсуждение**

В ИС отчеты используются для получения сводной информации на основании данных, введенных в системе. В разработанной конфигурации был создан только один объект типа Отчеты – Отчет Моделирования. С помощью данного отчета можно получить доступ к подробному отчету по результатам проведения имитационного моделирования, осуществляемого программным средством. Через меню Отчеты в интерфейсе можно получить доступ к данному отчету.

**Заклучение**

Таким образом, в работе разработан метод раннего обнаружения и идентификации нарушителя в ИКС, который за счет использования методов нечеткой логики, дает возможность выявить нарушителя информационной безопасности в слабо формализуемой среде и более точно его идентифицировать в соответствии с выделенными категориями. Метод включает в себя 3 фазы и 8 этапов. Входными данными являются сетевые и / или хостовые параметры и идентификаторы нарушителя (возможные категории), на выходе формируется сообщение о фиксации факта нарушителя и результат процедуры категоризации нарушителя.

В дальнейшем, на основе предложенного метода будет разработана система, которая будет эффективно выявлять и идентифицировать нарушителя с определенной степенью уверенности эксперта. Кроме этого, используя разработанное программное обеспечение, планируется провести экспериментальное исследование предложенного метода.

## ЛІТЕРАТУРА

Авкурова Ж., Абдураимова Б., Гнатюк С., Гизун А. 2020 — *Авкурова Ж., Абдураимова Б., Гнатюк С., Гизун А.* Анализ современных систем обнаружения атак на основе технологий виртуальной приманки // №6(142) *Вестник КазНУИТУ*, с.654-659, ноябрь, 2020

Balas E. 2004 — *Balas E.* Honeynetdataanalysis: A technique for correlatingsebek and network data /E. Balas //Workshop on Information Assurance and Security US Military Academy, WestPoint, NY. — IEEE, 2004.

Deal R. Router Firewall Security / R. Deal., 2004 — *Deal R.* SF. : Cisco Press, 2004. — P. 912.

Fan W., Du Z., Fernández and D. Villagrà V.A., 2018 — *Fan W., Du Z., Fernández and D. Villagrà V.A.* “Enablingan Anatomic View to Investigate Honeypot Systems: A Survey,” in IEEE SystemsJournal, vol. 12, no. 4, pp. 3906-3919, Dec. 2018, doi:10.1109/JSYST.2017.2762161.

Grimes R. Honeypots for Windows / R. Grimes 2005 — *Grimes R. Honeypots for Windows / R. Grimes. W.* : APress, 2005. — P. 424.

Gnatyuk S., Berdibayev R., Avkurova Z., Verkhovets O., Bauyrzhan M. 2021 — *Gnatyuk S., BerdibayevR., AvkurovaZ., VerkhovetsO., BauyrzhanM.* Studiesoncloud-basedcyberincidentsdetection and identification in critical infrastructure, CEUR Workshop Proceedings, 2021, Vol. 2923, pp. 68-80.

Iashvili G., Avkurova Z., Iavich M., Bauyrzhan M., Gagnidze A., Gnatyuk S. 2021 — *Iashvili G., Avkurova Z., Iavich M., Bauyrzhan M., Gagnidze A., Gnatyuk S.* Content-Based Machine Learning Approach for Hardware Vulnerabilities Identification System, Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, Vol. 83, pp. 117-126, 2021.

Khosravi M. and Ladani B.T. 2020 — *Khosravi M. and Ladani B.T.* “Alerts Correlation and Causal Analysis for APT Based Cyber Attack Detection,” in IEEE Access, vol. 8, pp. 162642-162656, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3021499.

Ma Z., Li Q. and Meng X., 2019 — *Ma Z., Li Q. and Meng X.,* “Discovering Suspicious APT Families Through a Large-Scale Domain Graph in Information-Centric IoT,” in IEEE Access, vol. 7, pp. 13917-13926, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2894509.

Provos N., 2017 — *Provos N.* Virtual Honeypots: From Botnet Trackingto Intrusion Detection. — NY : Addison-Wesley Professional, 2007. — 440 p

Siddiqui, S. KhanM. S., FerensK. and Kinsner W., 2016 — *Siddiqui, S. KhanM. S., FerensK. and Kinsner W.* “Detecting advanced persistent threats using fractal dimension based machine learning classification”, Proc. ACM Int. Workshop Secur. Privacy Anal. (IWSPA), pp. 64-69, 2016.

Spitzne L. Honeypots: Tracking Hackers / L. Spitzner, 2002 — *Spitzne L. Honeypots: Tracking Hackers / L. Spitzner.* NY : Addison-Wesley Professional, 2002. — 480 p.

Tang J., Xu M., Fu S. and Huang K., 2018 — *Tang J., Xu M., Fu S. and Huang K.* “A scheduling optimization technique based on reuse in spark to defend against apt attack,” in Tsinghua Science and Technology, vol. 23, no. 5, pp. 550-560, Oct. 2018, doi: 10.26599/TST.2018.9010022.

Волянська В.В. 2012 — *Волянська В.В.* Огляд систем виявлення вторгнень на основі honeypot-технологій // В.В. Волянська, А.І. Гізун, В.О. Гнатюк / Безпека інформації. - 2012. - №2 (18). – С. 75-79.

Yan L. and Xiong J., 2020 — *Yan L. and Xiong J.* “Web-APT-Detect: A Framework For Web-Based Advanced Persistent Threat Detection Using Self-Translation Machine With Attention,” in IEEE Letters of the Computer Society, vol. 3, no. 2, pp. 66-69, 1 July-Dec. 2020, doi: 10.1109/LOCS.2020.2998185.

## REFERENCES

Avkurova ZH., Abduraimova B., Gnatyuk S., Gizon A. 2020 — *Avkurova ZH., Abduraimova B., Gnatyuk S., Gizon A.* / Analiz sovremennyh system obnaruzheniya atak na osnove tekhnologij virtual'noj primanki // №6 (142) *Vestnik KazNITU*, s.654-659, noyabr', 2020. [Analysisofmodernintrusiondetectionsystemsbasedonvirtualhoneypottechnologies]

Balas E., 2004 — *Balas E.* Honeynet data analysis: A technique for correlating sebek and network data /E.Balas //Workshop on Information Assurance and Security US Military Academy, WestPoint, NY. — IEEE, 2004.

Deal R. Router Firewall Security / R. Deal. 2004 — *Deal R. Router Firewall Security / R. Deal. SF.* : CiscoPress, 2004. — P. 912.

Fan W., Du Z., Fernández and D. Villagrà V.A., 2018 — *Fan W., Du Z., Fernández and D. Villagrà V.A.* “Enabling a natomic View to Investigate Honeypot Systems: A Survey,” in *IEEE Systems Journal*, vol. 12, no. 4, pp. 3906-3919, Dec. 2018, doi:10.1109/JSYST.2017.2762161.

Grimes R. Honeypotsfor Windows / R. Grimes. 2005 — *Grimes R. Honeypotsfor Windows / R. Grimes. / W.* : APress, 2005. — P. 424.

Gnatyuk S., Berdibayev R., Avkurova Z., Verkhovets O., Bauyrzhan M. 2021 — *Gnatyuk S., Berdibayev R., Avkurova Z., Verkhovets O., Bauyrzhan M.* Studies on cloud-based cyber incidents detection and identification in critical infrastructure, *CEUR Workshop Proceedings*, 2021, Vol. 2923, pp. 68-80.

Iashvili G., Avkurova Z., Iavich M., Bauyrzhan M., Gagnidze A., Gnatyuk S. 2021 — *Iashvili G., Avkurova Z., Iavich M., Bauyrzhan M., Gagnidze A., Gnatyuk S.* Content-Based Machine Learning Approach for Hardware Vulnerabilities Identification System, *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, Vol. 83, pp. 117-126, 2021.

Khosravi M. and Ladani B.T., 2020 — *Khosravi M. and Ladani B.T.* “Alerts Correlation and Causal Analysis for APT Based Cyber Attack Detection,” in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 162642-162656, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3021499.

Ma Z., Li Q. and Meng X., 2019 — *Ma Z., Li Q. and Meng X.* “Discovering Suspicious APT Families Through a Large-Scale Domain Graph in Information-Centric IoT,” in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 13917-13926, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2894509.

Provos N. 2007 — *Provos N.* *Virtual Honeypots: From Botnet Tracking to Intrusion Detection.* — NY : Addison-WesleyProfessional, 2007. — 440 p.

Siddiqui S., Khan M.S., Ferens K. and Kinsner W., 2016 — *Siddiqui S., Khan M.S., Ferens K. and Kinsner W.* “Detecting advanced persistent threats using fractal dimension based machine learning classification”, *Proc. ACM Int. Workshop Secur. Privacy Anal. (IWSPA)*, pp. 64-69, 2016.

Spitzne L. Honeypots: Tracking Hackers / L. Spitzner. — NY : Addison-Wesley Professional, 2002. — 480 p.

Tang J., Xu M., Fu S. and Huang K., 2018 — *Tang J., Xu M., Fu S. and Huang K.* “A scheduling optimization technique based on reuse in spark to defend against apt attack,” in *Tsinghua Science and Technology*, vol. 23, no. 5, pp. 550-560, Oct. 2018, doi: 10.26599/TST.2018.9010022.

Volyanskaya V.V., 2012 — *Volyanskaya V.V.* *Obzor system obnaruzheniya vtorzhenij na osnove honeypot-tehnologij // V.V. Volyanskaya, A.I. Gizun, V.A. Gnatyuk / Bezopasnost' informacii.* – 2012. – №2 (18). – S. 75-79. [An Over view of Honey pot Intrusion Detection Systems]

Yan L. and Xiong J., 2020 — *Yan L. and Xiong J.* “Web-APT-Detect: A Framework For Web-Based Advanced Persistent Threat Detection Using Self-Translation Machine With Attention,” in *IEEE Letters of the Computer Society*, vol. 3, no. 2, pp. 66-69, 1 July-Dec. 2020, doi: 10.1109/LOCS.2020.2998185.

NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 1, Number 345 (2023), 37-49

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.167>

UDK 004.67, 311.218

© A. Bekarystankzy<sup>1\*</sup>, O.Zh. Mamyrbayev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev,  
Kazakhstan, Almaty;

<sup>2</sup>Institute of Information and Computer Technologies, Kazakhstan, Almaty.  
E-mail: akbayan.b@gmail.com

## INTEGRATED AUTOMATIC SPEECH RECOGNITION SYSTEM FOR AGGLUTINATIVE LANGUAGES

**Bekarystankzy Akbayan** — Doctoral student of the Institute of Automation and Information Technologies, specialty «Management information systems», Satbayev University. 050013. Almaty, Satbayev str. 22, Kazakhstan.

E-mail: akbayan.b@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3984-2718>;

**Mamyrbayev Orken Zhumazhanovich** — Deputy General Director in science, PhD, Institute of Information and Computational Technologies. 050010. Almaty, Shevchenko str. 28, Kazakhstan.

E-mail: morkenj@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-8318-3794>.

**Abstract.** Nowadays Automatic Speech Recognition (ASR) systems are included in all possible applications which capture different parts of human life: smart assistants like Alica and Siri, smart search engines, Speech To Text (STT) applications for meetings, smart home applications and etc. However, these systems are available only for common languages, like English, Russian and Chinese. For low-resource languages such smart systems are not available, due to the lack of transcribed data for system training and necessity of studying modern effective methods for getting models and building ASR systems. For low-resource languages, like Kazakh language it is necessary to study effective methods for modelling and building effective ASR systems with low error rates. In this paper there were studied the methods of end-to-end Automatic Speech Recognition Systems. In this work it was proved that CTC model works for agglutinative languages. Author conducted experiments with BLSTM neural network using encoder-decoder model based on attention-based model. Training results show Character Error Rate (CER) - 8,01% and Word Error Rate (WER) — 17,91%. This work proves possibility of getting good results without integration of language models to end-to-end ASR models.

**Key words:** agglutinative languages, integral approach, CTC, neural network, BLSTM, speech recognition.

*Acknowledgement.* This is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. BR18574144).

© А. Бекарыстанқызы<sup>1\*</sup>, Ө.Ж. Мамырбаев<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup>Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, Қазақстан, Алматы;

<sup>2</sup>Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Қазақстан, Алматы.

E-mail: akbayan.b@gmail.com

## АГГЛЮТИНАТИВТІ ТІЛДЕРГЕ АРНАЛҒАН СӨЙЛЕУДІ АВТОМАТТЫ ТҮРДЕ ТАНУ ЖҮЙЕСІ

**Бекарыстанқызы Ақбаян** — Докторант, Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институты, мамандығы «Management information systems», Satbayev University, 050013, ул. Сағбаева 22, Алматы, Қазақстан.

E-mail: akbayan.b@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3984-2718>;

**Мамырбаев Өркен Жұмажанұлы** — Бас директордың ғылым жөніндегі орынбасары, PhD, Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты. 050010. Алматы, ул. Шевченко 28, Қазақстан.

E-mail: morkenj@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8318-3794>.

**Аннотация.** Қазіргі уақытта сөйлеуді автоматты түрде тану жүйелері адам өмірінің әртүрлі саласын қамтитын алуан түрлі жүйелерге кіріктірілген. Олар: Алиса және Siri секілді ақылды көмекшілер, ақылды іздеу жүйелері, кездесулер хаттамасын құратын бағдарламалық жабдықтар, ақылды үйлер және т.б. Бірақ аталған жүйелер тек ағылшын, орыс, қытай секілді әлем халықтарының көпшілігі қолданатын тілдерде ғана жұмыс жасай алады. Жүйені үйретуге қажетті мәліметтер санының аздығына байланысты, біртұтас сөйлеуді тану жүйесіне құруға арналған заманауи тиімді әдістерді зерттей түсудің қажет екендігіне байланысты аз ресурсты тілдер үшін мұндай жүйелер әзірше қол жетімсіз болып табылады. Бұл мақалада сөйлеуді автоматты түрде танудың интегралды жүйелері зерттелген. Бұл жұмыста CTC моделінің агглютинативті тілдер үшін тиімді жұмыс жасайтындығы дәлелденген. Автор BLSTM (Bi-Deirectional Long Short-Term Memory) нейрондық жүйесін қолдана отырып назар аудару(attention-based models)механизміне негізделген шифратор-дешифратор моделін қолданып эксперимент жүргізген. Эксперимент нәтижелері 8,01%-ге тең болатын символдарды таңдау қателігін — CER (Character Error Rate)және 17,91%-ге тең сөздерді таңдау қателігін — WER(Word Error Rate)көрсетті. Сөйлеуді танудың біртұтас моделіне тілдік модельді қоспай-ақ жақсы нәтижелер алуға болатындығы дәлелденді.

**Түйін сөздер:** агглютинативті тілдер, интегралдық әдіс, CTC, BLSTM нейрондық жүйесі, сөйлеуді тану

*Алғыс. Бұл жұмыс Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғарғы білім министрлігінің Ғылым комитетінің қаржылық көмегі аясында орындалған. (BR18574144).*

© А. Бекарыстанқызы<sup>1\*</sup>, О.Ж. Мамырбаев<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup>КазНИТУ имени К.И. Сатпаева, Казахстан, Алматы;

<sup>2</sup>Институт информационных и вычислительных технологий, Казахстан, Алматы.

E-mail: akbayan.b@gmail.com

## ИНТЕГРАЛЬНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ СЛИТНОЙ РЕЧИ ДЛЯ АГГЛЮТИНАТИВНЫХ ЯЗЫКОВ

**Бекарыстанқызы Ақбаян** — Докторант, Институт автоматизации и информационных технологий, специальность «Management information systems». Satbayev University, 050013, ул. Сатбаева 22, Алматы, Казахстан.

E-mail: akbayan.b@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3984-2718>;

**Мамырбаев Өркен Жұмажанұлы** — Заместитель генерального директора по науке. PhD. Институт информационных и вычислительных технологий. 050010. Алматы, ул. Шевченко 28, Казахстан.

E-mail: morkenj@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8318-3794>.

**Аннотация.** В настоящее время системы автоматического распознавания речи внедрены во все возможные системы, которые охватывают разные сферы человеческой деятельности: умные помощники, такие как Алиса и Siri, умные поисковые системы, приложения для протоколирования встреч, умные дома и т.д. Но данные системы реализованы для более общих языков, такие как английский, русский и китайский. Для малоресурсных языков очень большая часть таких приложений не доступна в силу недостаточности данных для обучения и необходимости изучения современных методов получения сквозной модели системы автоматического распознавания речи. Малоресурсные языки, такие как казахский, нуждаются в исследовании эффективных методов для получения и построения систем распознавания речи. В статье исследованы современные методы для построения интегральных систем распознавания речи. В работе доказано, что модель CTC эффективно работает для агглютинативных языков. Автором проведен эксперимент с использованием нейронной сети BLSTM (Bi-Directional Long Short-Term Memory) при помощи модели шифратор-дешифратор, которая основана на механизме внимания (attention-based models). Результат эксперимента показал ошибку перебора символов CER (Character Error Rate), равный 8,01% и ошибку перебора слов WER (Word Error Rate), равный 17,91%. Доказано, что сквозная модель и без интегрирования языковых моделей можно достичь хороших результатов.

**Ключевые слова:** агглютинативные языки, интегральный подход, CTC, нейронная сеть BLSTM, распознавание речи.

**Благодарность.** Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (BR18574144).

### **Введение**

Под речью подразумевается целая система звуковых сигналов, символов и письменных знаков, которые применяются человеком для того, чтобы хранить, представлять, перерабатывать и передавать данные. Кроме того, речь является инструментом, который необходим для того, чтобы машина и человек взаимодействовали между собой (Perera и др., 2005). Но для того, чтобы человек мог взаимодействовать с машиной, нужно разработать систему для автоматического распознавания слитной речи. Ранее для того, чтобы голосовой интерфейс был реализован, необходимо было прибегнуть к помощи множества специалистов: программиста по DNN, компьютерного лингвиста, чтобы он на каждый звуковой фрейм ставил метку, и так далее.

Стандартная система распознавания речи делится на ряд модулей: языковые и акустические модели, а также на декодеры (Мамугбаев и др., 2019). Основной для конструкции модульности является большое количество независимых предположений, а стандартная акустическая модель проходит обучение по фреймам, которые находятся в зависимости от модели Маркова. В различных автоматизированных системах распознавания наиболее популярные модели речевых сигналов, а также перечня гауссовских распределений плотностей вероятности для того, чтобы распределить сигналы на протяжении стационарного короткого временного промежутка, как правило, отвечает единице произношения.

Но в последнее время, с появлением сквозных систем распознавания речи, необходимость дополнительных меток для фреймов, также подборка фонем для каждой буквы или сочетания букв отпала. Стало достаточно иметь аудиоданные и их текстовые разметки. При несоответствии длины аудиофайлов с текстовыми данными сквозные системы способны сами провести выравнивание аудиофреймов с буквами. Одним из очень эффективных методов при выравнивании является CTC-функции. Также современные архитектуры используют нейронные сети из LSTM и Bi-LSTM ячеек, которые способны решить проблему зависимостей выражений на больших расстояниях.

Несмотря на эффективность современных методов, для малоресурсных языков вопрос улучшения качества распознавания остается открытым, так как интегральные сквозные системы требуют очень большое количество данных. Множество агглютинативных языков тоже относятся к малоресурсным.

В рамках данной работы была поставлена цель решить задачи



ограниченного речевого ресурса для распознавание агглютативных языков в интегральной архитектуре.

#### *Краткий обзор исследований*

В рамках исследований автоматического распознавания речи модель НММ-GMM была наиболее популярной множество лет. В настоящее время нейронная сеть используется в сфере распознавания речи. В большом количестве работ удалось доказать, что применение нейронных сетей в рамках каждого из этапов сценария стандартной системы распознавания делает намного лучше уровень качества данной системы. Самый популярный подход обучения — это гибридная архитектура НММ-DNN, в которой структура НММ остаётся неизменной, а GMM уходит и её место занимает наиболее глубокая нейронная сеть, которая необходима для того, чтобы были смоделированы характеристики речевых сигналов. К примеру, в многочисленных исследованиях Mikolov и др. (2010) конкретные языковые модели обучены благодаря RNN, в труде Rao K. и др. (2015) словарь удалось получить благодаря LSTM сетям. В свою очередь, в работе Jaitly и др. (2011) глубокие нейронные сети продемонстрировали достаточно высокие результаты для формирования акустических моделей, а в труде Smolensky (1986) продемонстрирован способ определения признаков благодаря ограниченным машинам Больцмана. Поэтому возникли идеи для применения искусственных нейронных сетей на различных периодах распознавания речи.

Методы глубокого обучения благодаря высокопроизводительным графическим процессорам используется на практике, и этот подход имеет название интегральный способ. При этом подходе, в процессе обучения нейронной сети исключительно одна из моделей может демонстрировать необходимый результат, не применяя при этом других элементов — интегральная модель. Те или иные интегрированные сети можно сформировать благодаря тому, что будет добавляться ряд рекуррентных и интегральных слоев, которые являются языковыми и акустическими моделями, и благодаря ним сопоставляются друг с другом речевые данные на выходе, с использованием транскрипции. В настоящее время имеется целый ряд способов для того, чтобы были реализованы интегральные модели — шифратор-дешифратор модели, а также коннекционная временная классификация. Они базируются на механизме внимания. Во множестве задач распознавания речи особенный акцент делается на интегральном подходе (Vaněk и др., 2017). В большом количестве работ удалось доказать, что успехи итогов интегрального подхода находятся в зависимости от роста объёма данных для обучения. Имеется множество приложений, которые работают, базируясь непосредственно на интегральном подходе: Baidu Deep Speech, Google Listen, Attend, Spell, Speechto Translator TTS, Voiceto Text Messenger. Главная причина данного подходе состоит в том, что на сегодняшний день интегральные модели проходят обучение, базируясь на данных. На основании анализа выше можно

заметить главную проблематику, которая связана с распознаением мало ресурсных языков, которые входят в группу агглютинативных. Для данных языков не имеется общих корпусов обучающих данных. Иные языки обладают TIMIT, WSJ, Libri Speech, AMI и Switchboard, благодаря которым существует множество языков обучающих данных.

Чтобы улучшить интегральный подход в различных моделях — шифратор-дешифратор, а также CTC, которые базируются на механизме внимания, проводились разнообразные варианты сетей. Чтобы применять локальные корреляции в речевых сигналах были использованы комплексные кодеры, в которые входят сверточные нейронные сети. Эти модели применяют те или иные преимущества для всех подмоделей и влияют на возникновение ограничений для модели. Анализ положительно влияет на степень производительности различных интегральных систем. В прошлых исследованиях удалось выявить, что модели глубокого обучения на разнообразных языках наиболее удачны, а многозадачное обучение наиболее оптимально для интегрального обучения (Kim и др., 2017; Aida-Zade и др., 2009).

#### **Методика и материалы**

Модели, которые базируются на коонекционной временной классификации и необходимы для распознавания речи, осуществляют свою деятельность, исключая первоначальное выравнивание выходных и входных последовательностей. CTC сформирован для того, чтобы декодировать язык. Hannun вместе со своей командой применяли для распознавания речи Baidu, который использует параллельный алгоритм обучения с применением CTC.

В труде (Zhang и др., 2016) предлагается применять более глубокие рекуррентные сверточные, а также глубокие остаточные сети вместе с CTC. Наиболее оптимальный результат удалось получить с использованием остаточных сетей с батч-нормализацией. Благодаря этому, удалось получить PER, который на речевом корпусе TIMIT был равен 17,3%.

Альтернативный вариант CTC — это Sequence to Sequence с вниманием (Bahdanau и др., 2016). Данные модели включают в себя как декодировщик, так и кодировщик. Благодаря кодировщику происходит сжатие данных кадров аудио в наиболее компактное представление благодаря сокращению число нейронов в слоях. В свою очередь, декодировщик, базируясь на сжатом представлении, а также рекуррентной нейронной сети, работает над восстановлением этапов слов, символов и фонем.

В работе Zhang и др., (2017) предлагается CTC-модель с применением наиболее глубоких сверточных сетей взамен рекуррентных сетей. Наиболее оптимальная модель, которая базируется на сверточных сетях, обладала десятью сверточными слоями и тремя полно-связными слоями. Наиболее лучшая PER равна 18,2%, учитывая то, что наилучшая PER для двунаправленных LSTM равняется 18,3%. Тестирование осуществлялось на

основании ТИМТ. Удалось определить, что сверточные сети дают возможность скорость обучения сделать быстрее, и наиболее оптимальными они являются для обучения на последовательностях фонем.

В рамках CTC сети, выходные значения нейронной сети — это вероятности перехода. Архитектура нейронной сети — двунаправленные LSTM сети. Между собой проводилось сравнение трёх моделей: RNN-CTC модель, RNN-CTC модель, а также минимизированной переобученной WER и базовой гибридной модели, которая была написана благодаря инструментам Kaldi (Povey и др., 2011).

Soltau и др. (2016) осуществляли контекстно-зависимое распознавание фонем, которые обучили модель, базируясь на CTC в задаче подписи видео на YouTube. В Sequence-to-sequence моделях недостаточное количество распознавания на примерно 13-35%, если сравнивать их с базовыми системами. Имеет место быть «обобщение» CTC моделей, а именно — RNN преобразовательный, на основании которого объединяются друг с другом две RNN в определенную преобразовательную систему (Anandan и др., 2002). Одна сеть является схожей с CTC-сетью, и занимается обработкой одинакового временного периода, который обрабатывается входной последовательностью. В свою очередь, благодаря второй RNN моделируется вероятность будущих метол, принимая во внимание прошлые. В CTC сетях применяются динамическое программирование для того, чтобы вычислять алгоритмы, а также алгоритмы прямого и обратного перехода, при этом принимая во внимание ограничения, присутствующие в двух RNN. Если сравнивать с CTC-сетями, благодаря применению RNN преобразователя можно формировать выходные последовательности, которые являются наиболее длинными, чем входные.

RNN преобразователи продемонстрировали довольно хорошие результаты в процессе распознавании фонем с PER, которая равна 17,7% и базируется на корпусе ТИМТ.

#### *Предлагаемая система автоматического распознавания речи*

В работе методология выполнялась следующим способом:

##### *CTC-функция*

CTC-функция для обучения нейронной сети применяется в виде функции потерь. Выходная последовательность нейронной сети описывается следующей формулой:  $y = f_w(x)$ . В выходной слой нейронной сети входит один блок для каждого из символов выходной последовательности, а также дополнительный символ “blank”. Все компоненты выходной последовательности — это вектора распределения вероятности для всех символов  $G'$  в конкретный временной промежуток  $t$ . Итак, компонентом  $y^t$  является вероятность того, что в конкретный временной промежуток  $t$  во входной последовательности будет произнесен символ  $k$  из множества символов  $G'$ .

Итак, пусть  $\alpha$  является последовательностью из символов длины  $T$  и индексов blanks, согласно по  $x$ . Вероятность  $P(\alpha|x)$  представляется следующим образом: произведение вероятностей появления символов в каждый временной период:

$$P(\alpha|x) = \prod_{t=1}^T y_{\alpha_t}^t, \forall \alpha \in G^t \quad (1)$$

Пусть  $B$  – является оператором, который удаляет повторы символов и blanks.

$$P(\alpha|x) = \sum_{\alpha \in B^{-1}(y)} P(\alpha|x) \quad (2)$$

Вышеописанная формула вычисляется с помощью динамического программирования, а нейронная сеть будет обучена минимизировать CTC-функцию:

$$CTC(x) = -\ln(P(y|x)) \quad (3)$$

Декодирование основывается на следующем предположении:

$$\arg \max P(y|x) \approx B(\alpha^*) \quad (4)$$

где  $\alpha^* = \arg \max_{\alpha} P(\alpha|x)$ .

*Attention-based model*

Attention является механизмом Encoder-Decoder, который был сформирован для того, чтобы улучшить уровень производительности RNN в процессе распознавания речи. Шифратором является нейронная сеть, к которым относятся: DNN, BLSTM, CNN. Он изменяет входную последовательность  $x = (x_1, \dots, x_{LF})$ , чтобы определить признаки в определенное промежуточное представление:  $h = (h_1, \dots, h_L)$ .

$$h = \text{Encoder}(x_1, \dots, x_{LF}) \quad (5)$$

Дешифратор (Decoder) – это обычный RNN, который использует промежуточное представление для генерации выходных последовательностей:

$$P(y|x) = \text{Attention Decoder}(h, y) \quad (6)$$

В виде дешифратора применялся рекуррентный генератор последовательности, который базируется на механизме внимания.

*Данные*

Информация для анализа была представлена благодаря лаборатории

«Компьютерной инженерии интеллектуальных систем». В связи с этим применялись: профессиональная звукозаписывающая студия Vocalbooth.com, которая является шумоизоляционной.

Среди дикторов были люди без проблем с произношением. Всего в записи участвовали 380 дикторов разного пола и возраста. Процесс озвучивания и записи одного диктора продолжался около 50 минут. Каждый диктор читал собственный текст, который включал в себя сто предложений, записанные в отдельные файлы. Каждое предложение включало в себя в среднем семь слов с достаточно богатой фонемой. Текстовая информация собиралась из новостных сайтов, которые пишут на казахском языке, но применялись и другие данные, которые хранятся в электронном виде. В общей сложности запись данных достигла 123 ч. В период записи сформированы транскрипции, под которыми подразумевается описание каждого из аудиофайлов, но в текстовом виде. Сформированный корпус позволяет, в первую очередь, осуществлять работу с довольно большими объемами данных, предлагать характеристики системы. Кроме того, можно исследовать то, как воздействуют расширения базы данных на скорость распознавания тексты.

Аудиоматериалы обладают идентичными характеристиками:

1. PCM – это метод образования файла в цифровой вид;
2. 16 битная разрядность файла;
3. Один аудиоканал;
4. Wav – это расширение файлов;
5. Частота 441,1 кГц.

В рамках обучения интегральной системы применялись два корпуса, к которым относятся:

- Корпус турецкого языка: <http://www.tnc.org.tr>;
- Корпус татарского языка: <https://commonvoice.mozilla.org/ru/datasets>.

#### *Реализация*

Система интегрального распознавания речи с применением CTC — функции реализовывалась с применением TensorFlow. В этой системе применялся инструмент Eesen в Tensor Flow. Данная система даёт возможность применять языковые модели, которые были сформированы в формате Kaldi, но дополнительная конвертация при этом не применялась. Tensor2 Tensor5 применялась для того, чтобы осуществлялись эксперименты с моделями типа Attention-based models.

Эксперименты осуществлялись с применением сервера Supermicro SYS-7049GP-TRT. Конфигурация данного сервера обладает высокопроизводительной видеокартой NVIDIA TESLA P100.

#### **Результаты**

В экспериментах для извлечения признаков мы использовали *мел-частотные кепстральные коэффициенты* (MFCC) с первыми 13 вычисленными коэффициентами. Все данные обучения были разделены на обучающие (90%) и перекрёстную проверку (cross-validation 10%).

На втором этапе эксперимента мы опишем результаты модели на основе функции потерь CTC. Результаты соответствующих CTC-моделей представлены в Таблице 1. В исследованиях мы использовали несколько типов нейронных сетей: ResNet, LSTM, MLP, Bidirectional LSTM. Предварительная настройка нейронных сетей без языковой модели дала нам наилучшие результаты:

MLP: было 6 скрытых слоев с 1024 узлами, при использовании функции активации ReLU с начальной скоростью обучения, равной 0,007, и коэффициентом затухания, равным 1,5.

LSTM: было 6 слоев с 1024 единицами в каждом с выпадением, равным 0,5, с начальной скоростью обучения, равной 0,001, и коэффициентом затухания, равным 1,5.

ConvLSTM: использован один двумерный сверточный слой с 8 фильтрами, функция активации ReLU. Затем он выпадает с вероятностью удержания, равной 0,5.

BLSTM: использовал 6 слоев с 1024 единицами и выпадал с вероятностью удержания, равной 0,5.

ResNet было 9 остаточных блоков с нормализацией (batch-normalization).

В первом эксперименте для моделей шифратор-дешифратор, основанных на механизме внимания (attention-based models), для извлечения признаков мы использовали алгоритм MFCC.

В первом эксперименте для моделей шифратор-дешифратор, основанных на механизме внимания (attention-based models), для извлечения признаков мы использовали алгоритм MFCC, для обучения нейронной сети применяли функцию CTC. Мы не использовали языковые модели в данной модели. Во втором эксперименте мы использовали MFCC и языковые модели.

Таблица 1 – Результаты CTC-моделей.

Модель	CER%	WER%	Decode	Train
Модели, не использующие языковые модели.				
MLP	48.11	59.26	0.2032	131.2
LSTM	36.43	46.51	0.2152	421.3
Conv+LSTM	34.92	39.31	0.2688	465.2
BLSTM	33.61	37.66	0.2722	491.7
ResNet	32.52	36.57	0.2657	192.6
Модели, использующие языковые модели и MFCC.				
MLP	39.11	63.26	0.0192	146.2
LSTM	24.43	46.51	0.0152	521.3
Conv+LSTM	22.92	39.31	0.0088	465.2
BLSTM	13.61	20.66	0.0022	591.7
ResNet	11.52	19.57	0.0051	242.6

В следующем эксперименте мы применяли нейронные сети LSTM и BLSTM. В нашей модели использовалось 6 слоев по 256 единиц с начальным

уменьшением отсева при вероятности сохранения в кодере 0,7. В качестве декодера мы использовали LSTM и шифратор-дешифратор модели, основанные на механизме внимания (attention-based models). Результаты можно увидеть в таблице 2.

### Обсуждение

Проведенные нами эксперименты доказали, что модель CTC работает без языковых моделей непосредственно для агглютинативных языков, но все равно наилучшим является ResNet с результатом CER, равным 11,52% и WER, равным 19,57%, с использованием языковой модели. Таким образом, можно увидеть, что языковая модель является важной частью распознавания речи.

Таблица 2 – Результаты шифратор-дешифратор модели, основанные на механизме внимания (Attention-based models).

Модель	CER%	WER%	Decode	Train
LSTM	8,61	17,58	0,468	476,7
BLSTM	8,01	17,91	0,496	544,3

Модель CTC допускает ошибки в построении слов и предложений из распознанных символов, но полученная фонематическая транскрипция очень похожа на оригинал. Но после эксперимента мы обнаружили, что использование шифратор-дешифратор модели, основанной на механизме внимания (attention-based models) для агглютинативных языков без интегрирования языковых моделей, позволяет достичь хороших результатов. Нейронная сеть BLSTM с помощью шифратор-дешифратор модели, основанной на механизме внимания (attention-based models), показала результат CER, равный 8,01% и WER, равный 17,91%.

### Заключение

В этой работе мы рассматриваем задачу распознавания агглютинативных языков с помощью интегрального подхода, таких как модель CTC и шифратор-дешифратор модели, основанных на механизме внимания (attention-based models). При проведении эксперимента мы использовали различного вида архитектуры нейронных сетей: MLP, LSTM и их модификации, а также ResNet. В результате эксперимента мы доказали, что без интегрирования языковых моделей можно достичь хороших результатов. Наилучший результат показали ResNet. В данном эксперименте были достигнуты хорошие результаты, лучшие, чем базовые гибридные модели.

В будущем планируется проведение экспериментов с использованием других типов моделей для извлечения признаков и для распознавания речи. Будет применяться модель условно случайные поля (Conditional Random File).

### ЛИТЕРАТУРА

Aida-Zade K., Rustamov S., Mustafayev E., 2009 — *Aida-Zade K., Rustamov S., Mustafayev E. Principles of Construction of Speech Recognition System by the Example of Azerbaijan Language. Int. Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications. Pp. 378–382. (in Eng.).*

Anandan P., Saravanan K., Parthasarathy R., Geetha T., 2002 — *Anandan P., Saravanan K., Parthasarathy R., Geetha T.* Morphological Analyzer for Tamil. In the proceedings of ICON 2002. Chennai. (in Eng.).

Bahdanau D., 2016 — *Bahdanau D.* et al. End-to-end attention-based large vocabulary speech recognition. *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 2016 IEEE International Conference. Pp. 4945–4949. (in Eng.).

Hannun A., Case C., Casper J., Catanzaro B., Diamos G., Elsen E. et al., 2014 — *Hannun A., Case C., Casper J., Catanzaro B., Diamos G., Elsen E.* Deepspeech: scaling up end-to-end speech recognition. ArXiv: 1412.5567 (2014). (in Eng.).

Jaitly N., Hinton G., 2011 — *Jaitly N., Hinton G.* Learning a better representation of speech soundwaves using restricted boltzmann machines. 2011 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). Pp. 5884–5887. (in Eng.).

Kim S., Hori T. & Watanabe S., 2017 — *Kim S., Hori T. & Watanabe S.* Joint CTC-attention based end-to-end speech recognition using multi-task learning. In IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). (in Eng.).

Mamyrbayev O., Turdalyuly M., Mekebayev N., Alimhan K., Kydyrbekova A., Turdalykyzy T., 2019 — *Mamyrbayev O., Turdalyuly M., Mekebayev N., Alimhan K., Kydyrbekova A., Turdalykyzy T.* Automatic Recognition of Kazakh Speech Using Deep Neural Networks. *ACIIDS 2019, LNAI 11432*. Pp. 465–474, 2019. (in Eng.).

Mikolov T. et al. (2010) — *Mikolov T. et al.* Recurrent neural network based language model. *Interspeech*. vol. 2. Pp.1045–1048. (in Eng.).

Perera F.P., Tang D., Rauh V., Lester K., Tsai W.Y., Tu Y.H., 2005 — *Perera F.P., Tang D., Rauh V., Lester K., Tsai W.Y., Tu Y.H.* Relationship between polycyclic aromatic hydrocarbon–DNA adducts and proximity to the World Trade Center and effects on fetal growth. *Environ Health Perspect*. 113. Pp. 1062–1067. (in Eng.).

Povey D. et al., 2011 — *Povey D. et al.* The Kaldi speech recognition toolkit. IEEE 2011 workshop on automatic speech recognition and understanding. IEEE Signal Processing Society. Pp. 4. (in Eng.).

Rao K., Peng F., Sak H., Beaufays F., 2015 — *Rao K., Peng F., Sak H., Beaufays F.* Grapheme-to-phoneme conversion using long short-term memory recurrent neural networks. 2015 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). 2015. Pp. 4225–4229. (in Eng.).

Smolensky P., 1986 — *Smolensky P.* Information processing in dynamical systems: Foundations of harmony theory. Colorado University at Boulder Dept of Computer Science. Pp. 194–281. (in Eng.).

Soltau H., Liao H., Sak H., 2016 — *Soltau H., Liao H., Sak H.* Neural speech recognizer: acoustic-to-word LSTM model for large vocabulary speech recognition. ArXiv:1610.09975. (in Eng.).

Vaněk J., Zelinka J., Soutner D. & Pstuka J., 2017 — *Vaněk J., Zelinka J., Soutner D. & Pstuka J.* A regularization post layer: An additional way how to make deep neural networks robust. In International Conference on Statistical Language and Speech Processing (ICASSP). (in Eng.).

Zhang Z. et al., 2016 — *Zhang Z. et al.* Deep Recurrent Convolutional Neural Network: Improving Performance For Speech Recognition. arXiv: 1611.07174. URL: <https://arxiv.org/abs/1611.07174>. (in Eng.).

Zhang Y. et al., 2017 — *Zhang Y. et al.* Towards end-to-end speech recognition with deep convolutional neural networks. preprint: arXiv: 1701.02720. URL: <https://arxiv.org/abs/1701.02720>. (in Eng.).

## REFERENCES

Aida-Zade K., Rustamov S., Mustafayev E., 2009 — *Aida-Zade K., Rustamov S., Mustafayev E.* Principles of Construction of Speech Recognition System by the Example of Azerbaijan Language. Int. Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications. Pp. 378–382. (in Eng.).

Anandan P., Saravanan K., Parthasarathy R., Geetha T., 2002 — *Anandan P., Saravanan K., Parthasarathy R., Geetha T.* Morphological Analyzer for Tamil. In the proceedings of ICON 2002. Chennai. (in Eng.).



Bahdanau D., 2016 — *Bahdanau D.* et al. End-to-end attention-based large vocabulary speech recognition. *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 2016 IEEE International Conference. Pp. 4945–4949. (in Eng.).

Hannun A., Case C., Casper J., Catanzaro B., Diamos G., Elsen E. et al., 2014 — *Hannun A., Case C., Casper J., Catanzaro B., Diamos G., Elsen E. et al.* Deepspeech: scaling up end-to-end speech recognition. ArXiv: 1412.5567 (2014). (in Eng.).

Jaitly N., Hinton G., 2011 — *Jaitly N., Hinton G.* Learning a better representation of speech soundwaves using restricted boltzmann machines. 2011 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). –Pp. 5884–5887. (in Eng.).

Kim S., Hori T. & Watanabe S., 2017 — *Kim S., Hori T. & Watanabe S.* Joint CTC-attention based end-to-end speech recognition using multi-task learning. In *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*. (in Eng.).

Mamyrbayev O., Turdalyuly M., Mekebayev N., Alimhan K., Kydyrbekova A., Turdalykyzy T., 2019 — *Mamyrbayev O., Turdalyuly M., Mekebayev N., Alimhan K., Kydyrbekova A., Turdalykyzy T.* Automatic Recognition of Kazakh Speech Using Deep Neural Networks. *ACHIDS 2019, LNAI 11432*. –Pp. 465–474, 2019. (in Eng.).

Mikolov T. et al., 2010 — *Mikolov T. et al.* Recurrent neural network based language model. *Interspeech*. vol. 2. –Pp.1045–1048. (in Eng.).

Perera F.P., Tang D., Rauh V., Lester K., Tsai W.Y., Tu Y.H., 2005 — *Perera F.P., Tang D., Rauh V., Lester K., Tsai W.Y., Tu Y.H.* Relationship between polycyclic aromatic hydrocarbon–DNA adducts and proximity to the World Trade Center and effects on fetal growth. *Environ Health Perspect*.113. –Pp. 1062–1067. (in Eng.).

Povey D. et al., 2011 — *Povey D. et al.* The Kaldi speech recognition toolkit. *IEEE 2011 workshop on automatic speech recognition and understanding*. IEEE Signal Processing Society. –Pp. 4. (in Eng.).

Rao K., Peng F., Sak H., Beaufays F., 2015 — *Rao K., Peng F., Sak H., Beaufays F.* Grapheme-to-phoneme conversion using long short-term memory recurrent neural networks. 2015 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). 2015. –PP. 4225–4229. (in Eng.).

Smolensky P., 1986 — *Smolensky P.* Information processing in dynamical systems: Foundations of harmony theory. *Colorado University at Boulder Dept of Computer Science*. –Pp. 194–281. (in Eng.).

Soltau H., Liao H., Sak H., 2016 — *Soltau H., Liao H., Sak H.* Neural speech recognizer: acoustic-to-word LSTM model for large vocabulary speech recognition. ArXiv:1610.09975. (in Eng.).

Vaněk J., Zelinka J., Soutner D. & Psutka J., 2017 — *Vaněk J., Zelinka J., Soutner D. & Psutka J.* A regularization post layer: An additional way how to make deep neural networks robust. In *International Conference on Statistical Language and Speech Processing (ICASSP)*. (in Eng.).

Zhang Z. et al., 2016 — *Zhang Z. et al.* Deep Recurrent Convolutional Neural Network: Improving Performance For Speech Recognition. arXiv: 1611.07174. URL:<https://arxiv.org/abs/1611.07174>. (in Eng.).

Zhang Y. et al., 2017 — *Zhang Y. et al.* Towards end-to-end speech recognition with deep convolutional neural networks. preprint: arXiv: 1701.02720. URL: <https://arxiv.org/abs/1701.02720>. (in Eng.).

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

Volume 1, Number 345 (2023), 50-63

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.168>

© **A. Yerimbetova**<sup>1,3</sup>, **E. Daiyrbayeva**<sup>1,2,3\*</sup>, **L. Cherikbayeva**<sup>1,4</sup>, 2023

<sup>1</sup>Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK;

<sup>2</sup>Academy of Logistics and Transport, Almaty, 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)

## EMBEDDING HIDDEN INFORMATION IN IMAGES BASED ON BICUBIC INTERPOLATION

**Yerimbetova Aigerim** — PhD. Associate Professor. Institute of Information and Computational Technologies, prof., Satbayev University Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [aigerian@mail.ru](mailto:aigerian@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2013-1513>;

**Daiyrbayeva Elmira** — research fellow, Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK. Assist. prof. Satbayev University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [nurbekkyzy\\_e@mail.ru](mailto:nurbekkyzy_e@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4255-5456>;

**Cherikbayeva Lyailya** — PhD. Assist. prof. Al Farabi Kazakh National University, research fellow, senior researcher, Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK. Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [lyailya\\_sh@mail.ru](mailto:lyailya_sh@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8948-4205>.

**Abstract.** The article is devoted to the study of a well-known steganographic method using an interpolation algorithm. Image magnification algorithms directly affect the quality of image magnification. In this paper, the experiment was carried out on the basis of bicubic interpolation. Bicubic interpolation is most often used in image processing, giving a better picture compared to bilinear interpolation. Many authors have investigated this method, and a good review of existing works was made on our part. We also performed regular — singular value analysis (RS) and obtained the results, the steganographic algorithm is considered resistant to this type of steganalysis. Effective methods of entering hidden information into images using bicubic interpolation type are considered. Experiments were carried out and the results were presented in tabular forms for convenience. The results proved that this method will be used in the future. Also in this article, issues related to the construction of a secret communication channel by embedding hidden messages in digital content (image) were considered, the scope and secrecy of implementation were studied. The experimental results give the user recommendations on how to

use the algorithm to achieve optimal results in accordance with various fields of application. In the future, it is planned to introduce and investigate implementation methods using other interpolation methods.

**Keywords:** bicubic interpolation, steganography, images, steganalysis, secret message

© А.С. Еримбетова<sup>1,3</sup>, Э.Н. Дайырбаева<sup>1,2,3\*</sup>, Л. Черикбаева<sup>1,4</sup>, 2023

<sup>1</sup>Ақпараттық және есептеуіш технологиялары институты;

<sup>2</sup>Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан;

<sup>3</sup>Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан;

<sup>4</sup> әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан.

E-mail: nurbekkyzy\_e@mail.ru

## БИКУБТЫҚ ИНТЕРПОЛЯЦИЯҒА НЕГІЗІНДЕ СУРЕТТЕРГЕ ЖАСЫРЫН АҚПАРАТТЫ ЕНГІЗУ

**Еримбетова Айгерим Сембековна** — PhD, қауымдас.профессор. Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты; проф. Сәтбаев университеті. Алматы, Қазақстан.

E-mail: aigerian@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2013-1513>;

**Дайырбаева Эльмира Нурбекқызы** — ғылыми қызметкер. Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, аға оқытушы. Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: nurbekkyzy\_e@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4255-5456>;

**Черикбаева Ләйлә Шәріпқызы** — PhD, доцент м.а., әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, аға ғылыми қызметкер. Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан.

E-mail: lyailya\_sh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8948-4205>.

**Аннотация.** Мақала интерполяция алгоритмін қолдана отырып, белгілі стеганографиялық әдісті зерттеуге арналған. Кескінді үлкейту алгоритмдері кескінді үлкейту сапасына тікелей әсер етеді. Бұл жұмыста эксперимент бикубтық интерполяция негізінде жүргізілді. Бикубтық интерполяция көбінесе кескіндерді өңдеуде қолданылады, бұл екі сызықты интерполяциямен салыстырғанда жақсы кескін береді. Көптеген авторлар бұл әдісті зерттеді және біздің тарапымыздан бар жұмыстарға жақсы шолу жасалды. Біз сондай-ақ тұрақты сингулярлық мәндерді (RS) талдадық және нәтижелерін алдық, стеганографиялық алгоритм стеганализдің осы түріне төзімді болып саналады. Интерполяцияның бикубтық түрін қолдана отырып, суреттерге жасырын ақпаратты енгізудің тиімді әдістері қарастырылды. Эксперименттер жүргізілді және ыңғайлы болу үшін нәтижелер кестелік түрде ұсынылды. Алынған нәтижелер бұл әдістің болашақта қолданылатынын дәлелдеді. Сондай-ақ, бұл мақалада сандық суретке (кескінге) жасырын хабарламаларды енгізу арқылы құпия байланыс арнасын құруға қатысты мәселелер қарастырылды, іске асырудың ауқымы мен құпиялылығы зерттелді. Эксперимент нәтижелері пайдаланушыға әртүрлі қолдану орталарына сәйкес оңтайлы нәтижелерге қол жеткізу үшін алгоритмді қалай пайдалану керектігі туралы ұсыныстар береді.

Болашақта интерполяцияның басқа әдістерін қолдана отырып, іске асыру әдістерін енгізу және зерттеу жоспарлануда.

**Түйін сөздер:** бикубтық интерполяция, стеганография, суреттер, стеганализ, құпия хабарлама

© А.С. Еримбетова<sup>1,3</sup>, Э.Н. Дайырбаева<sup>1,2,3\*</sup>, Л. Черикбаева<sup>1,4</sup>, 2023

<sup>1</sup>Институт информационных и вычислительных технологии КН МНВО РК;

<sup>2</sup>Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Satbayev University, Алматы, Казахстан;

<sup>4</sup>КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан.

E-mail: nurbekkyzy\_e@mail.ru

## **ВНЕДРЕНИЕ СКРЫТОЙ ИНФОРМАЦИИ В ИЗОБРАЖЕНИИ НА ОСНОВЕ БИКУБИЧЕСКОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ**

**Еримбетова Айгерим Сембековна** — PhD, ассоц.проф. Институт информационных и вычислительных технологии, проф. Satbayev University. Алматы, Казахстан.

E-mail: aigerian@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2013-1513>;

**Дайырбаева Эльмира Нурбеккызы** — научный сотрудник, Институт информационных и вычислительных технологии; ассист.проф., Академия логистики и транспорта; ст.преп. Satbayev University, Алматы, Казахстан.

E-mail: nurbekkyzy\_e@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4255-5456>;

**Черикбаева Ляйля Шариповна** — PhD, и.о. доцента. КазНУ им. аль-Фараби. СИС. Институт информационных и вычислительных технологии, Алматы, Казахстан.

E-mail: lyailya\_sh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8948-4205>.

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию хорошо известного стеганографического метода с использованием алгоритма интерполяции. Алгоритмы увеличения изображения напрямую влияют на качество увеличения изображения. В данной работе эксперимент был проведен на основе бикубической интерполяции. Бикубическая интерполяция чаще всего используется при обработке изображений, давая лучшее изображение по сравнению с билинейной интерполяцией. Многие авторы исследовали этот метод, и с нашей стороны был сделан хороший обзор существующих работ. Мы также выполнили анализ регулярных сингулярных значений (RS) и получили результаты, стеганографический алгоритм считается устойчивым к этому типу стеганализа. Рассмотрены эффективные методы ввода скрытой информации в изображения с использованием бикубического типа интерполяции. Были проведены эксперименты, и результаты для удобства были представлены в табличной форме. Результаты доказали, что этот метод будет использоваться в будущем. Также в этой статье были рассмотрены вопросы, связанные с построением секретного канала связи путем встраивания скрытых сообщений в цифровой контент (изображение), изучены масштабы и секретность реализации. Результаты эксперимента дают пользователю рекомендации о

том, как использовать алгоритм для достижения оптимальных результатов в соответствии с различными областями применения. В будущем планируется внедрить и исследовать методы реализации с использованием других методов интерполяции.

**Ключевые слова:** бикубическая интерполяция, стеганография, изображения, стеганализ, секретное сообщение

## Introduction

There is an enormous amount of media content being transmitted on the Internet. Much of this data is a source of income for its creator and is seen as an object of copyright protection. Given the ease and zero cost of reproduction (creation of a copy) of any file, there is a need to trace its path (from the creator to the end consumer, including the unlicensed one). One of the most effective solutions to this problem is the use of steganography techniques, which use secret messages embedded in the file. Such messages can either identify the author (digital watermarks) or the end user (digital fingerprint) (Daiyrbayeva et al., 2021; Cherikbayeva et al., 2021).

In scientific publications there are works aimed at creating new methods of embedding and at creating new methods of detection (stegoanalysis). The latter are used to detect the facts of information leakage, for example, through official correspondence. Thus, there is an urgent need to analyze existing infiltration methods and create new and effective methods of infiltration of hidden messages (Daiyrbayeva and Yerimbetova, 2021)

Given that the most common type of files transmitted on the Internet are pictures, then the current study focused on the introduction of hidden information in images. Thus, one of the modern approaches of steganography is based on interpolation methods. In particular, the application of interpolation techniques for message embedding, which, in a sense, is a discrete analogue of a hologram, and is commonly used to recover signals and images that have been affected and have resulted in a large loss of information, is investigated (Berikov et al., 2021; Singh et al., 2019).

There are many algorithms for increasing the resolution and scaling of digital images. The simplest methods, called linear ones, perform interpolation using polyphase filtering. This class includes the nearest neighbor method, bilinear and bicubic interpolation, the Lanczos filter, etc (Vaganov et al., 2016)

Popular image zoom methods are methods based on pixel color interpolation. The principle of operation is that for each point of the final image, a fixed set of points of the original image is taken and interpolated in accordance with its mutual position and the selected filter. The number of points also depends on the filter. A degenerate case of interpolation methods is the nearest neighbor method.

If steganography aims at imperceptibly transmitting data embedded in an image so that the fact of embedding itself remains unnoticed, then steganographic analysis (steganalysis) is aimed at detecting embedded data, i.e. the fact of

embedding. Computer steganography involves the introduction of data into almost any container, data loss is possible (bmp, gif, jpeg, etc). In practice, the most common method is the introduction of data into digital images, at the same time, the steganalysis of digital images is the simplest and most studied, so all the methods under consideration will be shown by the example of images. Also, a container means an object in which data was embedded to hide. Many methods of steganalysis are based on detecting deviations of the observed multimedia information (stego) from its expected model. The class of statistical methods of steganalysis uses a variety of statistical characteristics, such as: entropy estimation, correlation coefficients, probability of occurrence and dependencies between elements of sequences, conditional distributions, distinguishability of distributions according to the Chi-square criterion, and many others. Simple tests evaluate the correlation dependencies of container elements into which hidden messages can be embedded.

When studying the issues of image steganalysis, a comprehensive analysis of existing works was carried out.

The article (Dryuchenkoe et al., 2022) discusses the problem of digital image steganalysis. The authors presented a new approach based on the use of deep convolutional neural networks with a relatively simple architecture, characterized by the use of additional levels of special processing. Experiments were carried out for several well-known stego algorithms (including the classical block and block-spectral Kutter, Koh–Zhao algorithms, modern EMD, MBEP algorithms and WOW and S-UNIWARD adaptive spatial steganography algorithms) and for stego algorithms based on the use of heteroassociative compression transformations.

The article (Nechta, 2019) discusses the development of a new method for embedding hidden messages in various containers (text, executable files). A new method of steganographic transformation of a binary message is presented, which allows embedding hidden data. It is proposed to convert a message taken from an empty container. The original message is processed as a set of two-bit elements. A sequence of non-repeating elements, called a series, is used to embed a secret message. The embedding was done by rearranging the elements inside the string. The proposed algorithm allows you to simulate the statistical features of a message taken from an empty container, which reduces the likelihood of successful steganalysis. During the experiment, the statistical properties of the message taken from the container before and after embedding were investigated. The analysis was carried out using previously known steganalysis methods based on the detection of statistical differences in messages taken from empty and filled containers. But the use of this algorithm for images is not taken into account.

The article (Agaian et al., 2004) presents a new approach that focuses on the following problems: detection and localization of informative stego areas in digital clean and noisy images; removal of hidden data along with minimizing statistical differences between stego images and a deleted image with stego information. The

new approach presented by the authors is based on a new pixel comparison and a new dimension of complexity. Also, this new measure identifies informative and wall-like areas of the image for the purpose of steganalysis by preserving informative areas and discarding stegoid areas. According to the authors, this method can be used to compress data and conceal classified information in both temporary and transformed areas. It is necessary to pay attention to the fact that it does not depend on the order of color vectors in the palette.

In the work of the authors (Vovk et al., 2015), a proprietary method of embedding information in still images is proposed. The new algorithm used additional cropping and stability blocks during the previous image processing. A comparative analysis of the existing and proposed steganographic system based on quantitative and qualitative characteristics was also carried out. The synthesized method showed excellent results relative to the most common methods and resistance to statistical steganalysis, without detecting significant deviations of the calculated parameters.

The purpose of this work is to investigate the bicubic interpolation method by conducting steganalysis by available means. To conduct the research, we will use RS analysis as the main method of image steganalysis.

### **Methods and materials**

Image scaling is one of the classical problems of computer graphics. A special case of this problem is to reduce and increase the image size by half. These methods play a special role in the compression of raster images, where the overall coding efficiency depends on the quality of approximation.

In this paper, we will investigate a shorthand algorithm for embedding information into digital images using bicubic interpolation.

During the study, an analysis was made of the existing works of authors who are engaged in the study of interpolation, in particular bicubic interpolation:

In the work (Vaganov, Khashin, 2016), a comparative analysis of the quality of some interpolation non-adaptive methods of doubling the image size was carried out. The value of the standard deviation was used as an estimate of the accuracy (quality) of the approximation. The description of interpolation doubling algorithms is given, such as: the nearest neighbor method, linear and cubic interpolation, convolution interpolation with the Lanczos kernel (for  $a=1, 2, 3$ ), as well as the 17-point interpolation method.

Also in the work (Veselov et al., 2010) the questions of interpolation are investigated. The results obtained in the work will help to create detailed methods for assessing the quality of digital images obtained by modern digital aerial photography systems, as well as to evaluate the technical characteristics of the latter using various types of dashed test polygons.

The article (Trubakov et al., 2017) describes the issues of effective scaling of raster images. The reasons for the appearance of negative effects that occur when increasing the resolution of raster images are considered and analyzed. The efficiency of such methods as the nearest neighbor method, bilinear interpolation

and bicubic interpolation is analyzed. The method of experimental research is considered, the results of comparing algorithms for the quality of the images obtained and the speed are presented. The result of the study is recommendations on the choice of algorithms for increasing the resolution of images.

The paper (Dangwen et al., 2010) discusses the issues of image interpolation. Image interpolation is a method of obtaining a high-resolution image from its low-resolution counterpart, which is often required in many image processing tasks. In this paper, the authors propose edge-oriented bicubic convolution interpolation (BC). The proposed method can adapt well to changing edge structures of images. Experimental results show that this reduces common artifacts such as blurring, blocking and ringing, etc., and significantly exceeds some existing interpolation methods (including BC interpolation) in terms of both subjective and objective indicators.

The authors (Yingmin et al., 2019) in the article considered a bicubic algorithm for image scaling. The bicubic algorithm has the advantages of more accurate image magnification and higher processing speed. Currently, bicubic amplification technology is used in many image processing programs. The authors proposed an improved bicubic interpolation algorithm. Unlike the traditional algorithm, which sets the key parameter  $a$  to  $-0.5$  to guarantee a third-order Taylor approximation, we remove such a requirement, since this value is applicable only to the interpolation of a flat area, while the change in the pixel value of the image is often irregular by direct optimization of the standard deviation of the image, we obtain an optimization function of a higher order. At the same time, a new variable is introduced to replace the  $a^2$  term of the optimization function, so that a higher-order optimization problem can be transformed into a least squares problem. Experiments show that optimized parameters have a better reconstruction effect, and obtaining optimized parameters is directly related to image magnification, and the image itself has little effect.

In the article (Watchara Ruangsang et al., 2017), experimental results are verified using processing time and reconstructed images that can be used in real-time applications.

The authors (Shengkui Gao, 2011) present methods of bilinear and bicubic interpolation adapted for the separation of the image polarization sensor in the focal plane. This article discusses five interpolation methods: bilinear, weighted bilinear, bicubic spline, approximated bicubic spline and bicubic interpolation method. The modulation transfer function analysis is applied to various interpolation methods, and test images as well as numerical error analysis are also presented. Based on the comparison results, full-frame bicubic spline interpolation provides the best performance for polarizing images.

The paper (Yongxing Zhang et al., 2022) presents traditional methods of image sampling reduction aimed at removing smoothing artifacts. However, the effect on the quality of an image interpolated from an image with reduced sampling is usually neglected. To solve this problem, the authors propose an interpolation-dependent



downsampling of the image, where interpolation is associated with downsampling. Numerous experimental results demonstrate the viability and effectiveness of the method proposed by the authors.

Basically, any stage of digital image processing has an impact on its quality. Currently, popular methods of image scaling are methods based on pixel color interpolation. The principle of operation is as follows, i.e., for each point of the final image, a fixed set of points of the original image is taken and interpolated in accordance with their mutual position and the selected filter. The number of points also depends on the filter (Sazonov et al., 2013).

The essence of interpolation is to use the available data to obtain the expected values at unknown points. Image interpolation works in two dimensions and tries to achieve the best approximation in pixel color and brightness based on the values of the surrounding pixels (Ki – Hyun Jung, 2009; Bialas-Cie'z and Calvi, 2012).

The simplest type of interpolation method is as follows:  $n+1$  at the point of the segment  $[a,b]$ , the interpolation node is  $x_i(i=0,1,2,\dots,n)$  and the values of the  $f(x)$  function are given at these points:  $f(x_0) = y_0, f(x_1) = y_1, \dots, f(x_n) = y_n$ .

Bicubic interpolation is in computational mathematics an extension of cubic interpolation to the case of a function of two variables whose values are given on a two — dimensional regular grid. The surface obtained as a result of bicubic interpolation is a smooth function on the boundaries of neighboring squares, unlike surfaces obtained as a result of bilinear interpolation or nearest neighbor interpolation (Kameneva, 2016).

One of the methods of bicubic interpolation is sequential cubic interpolation, the value of the function  $f$  is found by the formula (Eq.1):

$$f(x, y) = [1yy^2y^3]A \begin{bmatrix} f(1-, -1) & f(0, -1) & f(1, -1) & f(2, -1) \\ f(0, -1) & f(0, 0) & f(1, 0) & f(2, 0) \\ f(1, -1) & f(0, 1) & f(1, 1) & f(2, 1) \\ f(2, -1) & f(0, 2) & f(1, 2) & f(2, 2) \end{bmatrix} A^T \begin{bmatrix} 1 \\ x \\ x^2 \\ x^3 \end{bmatrix} \quad (1)$$

One of the main methods of statistical steganalysis is the RS method, which was developed by Friedrich et al. in 2001.

The method is based on the analysis of disjoint groups of  $n$  adjacent pixels,  $n$  is even (Fridrich, 2001). After selecting the groups, a regularity function is introduced — a function that matches one real number to one group and shows the regularity of the pixels of the group. The value of the regularity function should be the greater the noisier the pixel group is.

As a function of regularity, the sum of the absolute differences (the sum of the differences in values) of the neighboring pixels of the group is selected (Eq.2):

$$f(G) = f(g_1, g_2, \dots, g_n) = \sum_{i=1}^{n-1} |g_{i+1} - g_i| \quad (2)$$

Where  $G$  is a group of pixels;  $g_i$  – is the  $i^{\text{th}}$  element of the group of pixels  $G$ ;  $n$  is the number of pixels in the group.

After calculating the values of the regularity function for all groups of the analyzed image, a group of flip functions («flipping functions») is determined.

The main feature of the RS — method is that it analyzes the quantitative characteristics of small groups of pixels. In this connection, although it is not able to detect the area of potential embedding, it can detect an autopsy performed in random bits, and not sequentially (Vilkhovskiy, 2020).

The RS analysis method is used to detect LSB embedding and uses a sensitive method – double statistics obtained from spatial correlations in images (Swain, 2022; Sahu et al., 2019; Daiyrbayeva et al., 2022).

**Results**

To conduct the experiment, a program was written in the Python environment.

First, a picture is fed to the input, then the bicubic interpolation method was used to enlarge the picture. The following steps describe the use of this method:

Connect the file where this method is written in the form of code.

```
import cv2
import numpy as np
import math as m
import sys, time

# Interpolation kernel
def intp(x, y):
    if (int(x) == 0) & (int(y) == 0):
        return ((x+1)**2*(x+1)**2)-(x+1)**2*(x+1)**2)

    elif (int(x) == 1) & (int(y) == 1):
        return (x**2*(x+1)**2)-(x**2)**2*(x+1)**2)

    return 0

def intp(img, M, W, C):
    img = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_BGR2RGB)
    img = cv.resize(img, (W, H), interpolation=cv.INTER_CUBIC)

    # Pad the three/last two and one
    img = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_RGB2BGR)
    img = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_BGR2RGB)
    img = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_RGB2BGR)
    img = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_BGR2RGB)

    # Pad the missing eight pixels
    img = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_RGB2BGR)
    img = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_BGR2RGB)
    img = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_RGB2BGR)
    img = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_BGR2RGB)

    return img

# Bicubic operation
def bicubic(img, path, w):
    # Get image size
    H, W, C = img.shape

    # Here H = height, W = width
    # C = Number of channels of the image in colour.
    img = intp(img, W, W, C)

    # Create new image
    img = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_RGB2BGR)
    img = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_BGR2RGB)

    # Converting into matrix
    img = np.reshape(img, (H, W))
```

Fig.1 From interpolation, import bicubic

In Fig.1, we take the bicubic method from a file called interpolation, where the logic of enlarging the image is written.

2. We use the cv2 library to read/write the image.

*import cv2*

3. Create a path string and assign the location of the image there as a string, for example, as “res\_img/interpolated-without-secret/test.png”.

*path = “res\_img/interpolated-without-secret/test.png”*

4. Create the `img` variable, where we will store the pixel value as an array using the `cv2` library.

```
img = cv2.imread(path)
```

in the `cv2` library there is an `imread` method – for reading an image that takes the location of the image. That's where we sell our path.

5. As soon as we read the image and turned the pixel value into an array, we store the response received through the bicubic method in the new variable `interpolated`.

```
Interpolated = bicubic (img, a, b)
```

*the bicubic function takes 3 parameters as image, scale and coefficient!*

To embed a secret message in our interpolated image, the method «embedding a symbol through the  $k^{\text{th}}$  step» was used. This is a fairly simple method. The meaning of this method is to select the optimal step for embedding.

Actually, we will describe the steps of encoding and decoding.

Coding Steps:

1. Get the location of the interpolated image, determine which pixel will change (R,G,B).

2. Get the message.

3. Choose step  $k$ .

4. We run through all the pixels and through the  $k^{\text{th}}$  step we symbolically change the pixel value to the ASCII character code.

5. As we change the value of the last character to the current pixel, the value of the next pixel will be stop – 0.

6. We return the modified image as an array.

Decoding Steps:

1. Get the location of the interpolated image.

2. Choose step  $k$

3. We run through all the pixels and after the  $k^{\text{th}}$  step we take the pixel value by character, change them from ASCII code to a character.

4. Finish the stop loop – 0.

5. Return the hidden message.

Encoding and decoding is spelled out as a function. Encoding takes three parameters: the location of the image, the message and the step. Decoding takes only two parameters: the location of the image and the step.

The choice of the optimal step depends on you; I would suggest a LCD (the Largest Common Divisor).

To evaluate the steganographic algorithm based on bicubic interpolation, we will use the RS method.

When using the RS method, we introduce the concept of a container. A container is any information intended to hide a message. The choice of the type of container has a significant impact on the reliability of the stegosystem and the possibility of detecting the fact of transmission of a hidden message. When working, a visual container was used. A visual container is a picture or photograph in which small

changes in the brightness of predefined image raster points are used to embed messages.

The empirical capacity of a container is the maximum amount of information that can be written to the container when using the embedding method. The analyzing RS – analysis program outputs the amount of embedded information (L) as a percentage of the empirical capacity of the container, which is calculated as when embedded (Fig. 2).



Fig2. RS analysis implementation window

The maximum container capacity in the experiment is 12% and depends on the image.

During the study, 500 (Digital image interpolation, 2021) images of the size 225x225 were used. The results of calculating the type I error are shown in Table 1, where it is shown that the error is 0%. The results of RS analysis are shown in Table 2, according to which it can be seen that the method is relatively resistant to RS analysis.

Table 1 – RS analysis on a set of empty containers (500 images)

L		0%	1-4%	5% or more
File share	225x225	50	49,6	0,4

Table 2 – RS analysis on a set of containers filled using the bicubic interpolation method by 12%

L		0%	1-4%	5% or more
File share	225x225	33,6	64,2	2,2

Obviously, the less information we embed in the image, the less likely it is that detectable features will appear as a result of the implementation process.

Also in the conducted study, we determined the volume of containers filled using the bicubic interpolation method by 12% (Table 3).

Table 3 – Volume of containers filled using the interpolation method by 12%

Archiver	Volume of empty containers	Volume of filled containers
RAR	107MB	141MB
ZIP	187MB	198MB
GZIP	188MB	199MB
BZIP2	156MB	174MB

### Discussion

We experimentally implemented bicubic interpolation. A steganalysis of this embedding method was carried out, and results were obtained that can be compared with the steganalysis of the methods considered in the work (Merzlyakova, 2011).

Based on the results of the study on a set of 500 images of size 225x225, we determined that the percentage of embedding is 12%. The obtained results of calculating the type I error (the case when a filled container is recognized as empty) showed that the error is 0%. The final results of the RS analysis are shown in Table 2, according to which it can be seen that this method is resistant to the RS method and is comparable in durability and capacity with the stegosystem of the permutation method for raster images considered in the work (Merzlyakova, 2011).

### Conclusion

The most common interpolation method is bicubic, in which all surrounding pixels are examined for information to create new interpolated pixels. We have implemented and researched a steganographic algorithm based on bicubic interpolation. Based on these principles, a steganalysis of this embedding method was carried out and the results were obtained.

Also, during the study, issues related to the construction of a secret communication channel by embedding hidden messages in digital content (image) were considered, the scope and secrecy of implementation were studied.

In the future, it is planned to implement and investigate implementation methods using other interpolation methods.

### REFERENCES

Agaian S.S., Rodriguez B.M., 2004 — *Agaian S.S., Rodriguez B.M.* Dietrich G. Steganalysis using modified pixel comparison and complexity measure. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 5306. Pp. 46–57. DOI: 10.1117/12.526301.

Berikov V.B., Cherkbayeva L.S. 2018 — *Berikov V.B., Cherkbayeva L.S.* Searching for optimal classifier using a combination of cluster ensemble and kernel method. Optimization Problems and Their Applications, CEUR Workshop Proceedings. – Pp. 45–60.

Bialas-Cie'z L. and Calvi J.-P., 2012 — *Bialas-Cie'z L. and Calvi J.-P.* Pseudo Leja sequences. Ann. Mat. Pura e Appl. Pp. 53–75.

Cherikbayeva L., Yerimbetova A., Daiyrbayeva E., 2021 — *Cherikbayeva L., Yerimbetova A., Daiyrbayeva E.* Research of Cluster Analysis Methods for Group Solutions of the Pattern Recognition Problem. Proceedings - 6th International Conference on Computer Science and Engineering, UBMK 2021, Ankara-Turkey/ IEEE Xplore (Scopus). Pp.494-497. DOI 10.1109/UBMK52708.2021.9558884.

Daiyrbayeva E., Yerimbetova A., Toigozhinova A., Maratov Zh., Sambetbayeva M., 2021 — *Daiyrbayeva E., Yerimbetova A., Toigozhinova A., Maratov Zh., Sambetbayeva M.* Learning steganography with a strip transform. Proceedings – 6th International Conference on Computer Science and Engineering, UBMK 2021, Ankara-Turkey/ IEEE Xplore (Scopus). Pp.195–198. DOI 10.1109/UBMK52708.2021.9558892.

Daiyrbayeva E., Yerimbetova A., 2021 — *Daiyrbayeva E., Yerimbetova A.* Comparative analysis of the results of image recovery based on the strip method using various matrices. Of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan physico-mathematical. Volume 4. Pp. 29–34. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1726.63>.

Daiyrbayeva E., Yerimbetova A., Nechta I., Merzlyakova E., Toigozhinova A., Turganbayev A., 2022 — *Daiyrbayeva E., Yerimbetova A., Nechta I., Merzlyakova E., Toigozhinova A., Turganbayev A.* A Study of the Information Embedding Method into Raster Image Based on Interpolation. J. Imaging, 8, 288. <https://doi.org/10.3390/jimaging8100288>.

Digital image interpolation [Elektronnyy resurs]. Access mode: URL: [https://disk.yandex.ru/d/ZHx4FV3t1t\\_T5g](https://disk.yandex.ru/d/ZHx4FV3t1t_T5g)

Dryuchenko M.A., Sirota A.A., 2022 — *Dryuchenko M.A., Sirota A.A.* Image steganalysis using deep neural networks and heteroassociative integral transformations, Prikladnaya Diskretnaya Matematika, (55). Pp. 35–58. DOI: 10.17223/20710410/55/3.

Fridrich J., Golja M., Du R., 2001 — *Fridrich J., Golja M., Du R.* Reliable Detection of LSB Steganography in Color and Grayscale Images. Proceedings of the 2001 workshop on Multimedia and security: new challenges. Pp. 27–30. URL: <https://doi.org/10.1145/1232454.1232466>.

Gao S., Gruev V., 2011 — *Gao S., Gruev V.* Bilinear and bicubic interpolation methods for division of focal plane polarimeters //Optics express. – T. 19. – №. 27. – C. 26161–26173.

Kameneva A., 2016 — *Kameneva A.* Some methods of image interpolation. Scientific community of students: Collection of materials X International Student Scientific and Practical Conference, Cheboksary. – Cheboksary: Limited Liability Company «Center for Scientific Cooperation «Interactive Plus». Pp. 121–123.

Ki-Hyun Jung, Kee-Young Yoo., 2009 — *Ki-Hyun Jung, Kee-Young Yoo.* Data hiding method using image interpolation. Computer Standards & Interfaces.-Volume 31, Issue 2.2009. Pp. 465–470. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csi.2008.06.001>.

Merzlyakova Ye., 2011 — *Merzlyakova Ye.* Postroyeniye steganograficheskikh sistem dlyarastrovy khizobra-zheniy, baziruyushchikh sya-nateoretiko-informatsionnykh printsipakh.: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.13.19. – Novosibirsk: SibGUTI–161p. URL: <https://www.dissertat.com/content/postroenie-steganograficheskikh-sistem-dlya-rastrovykh-izobrazhenii-baziruyushchikh-sya-na-te.> (in Russ).

Nechta I.V., 2019 — *Nechta I.V.* A method of steganographic message transformation with the partial antidisturbance property (2019) Journal of Computational Technologies, 24 (3). Pp. 75–87. DOI: 10.25743/ICT.2019.24.3.00

Sahu A.K., Swain G., 2019 — *Sahu A.K., Swain G.* Data hiding using adaptive LSB and PVD technique resisting PDH and RS analysis. International Journal of Electronic Security and Digital Forensics, 11 (4). Pp. 458–476. DOI: 10.1504/IJESDF.2019.102567.

Sazonov V. et al., 2013 — *Sazonov V., et al.* Scaling of digital images //Problems of automation and control in technical systems : Collection of articles of the International Scientific and Technical Conference, Penza. April 23–25. 2013 / edited by M.A. Shcherbakov. – Penza: Penza State University. – Pp. 170–173.

Singh A., Singh J., 2019 — *Singh A., Singh J.* Review and Comparative analysis of various Image Interpolation Techniques. 2nd International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies, ICICICT 2019, art. no. 8993258. Pp. 1214–1218. DOI: 10.1109/ICICICT46008.2019.8993258.

Swain G., Pradhan A., 2022 — *Swain G., Pradhan A.* Image Steganography Using Remainder Replacement, Adaptive QVD and QVC. *Wireless Personal Communications*, 123 (1). Pp. 273–293. DOI:10.1007/s11277-021-09131-6.

Trubakov A.O., Seleikovich M.O., 2017 — *Trubakov A.O., Seleikovich M.O.* Comparison of interpolation methods for scaling raster images // *Scientific and Technical Bulletin of the Bryansk State University*. No. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-interpolyatsionnyh-metodov-masshtabirovaniya-rastrovyyh-izobrazheniy> (accessed: 20/11/2022). (in Russ).

Vaganov S.E., Khashin S.I., 2016) — *Vaganov S.E., Khashin S.I.* Comparison of image size doubling algorithms», *Modeling and Analysis of Information Systems*. Pp. 389–400 (in Russ).

Veselov Yu.G., Ostrovsky A.S., 2010 — *Veselov Yu.G., Ostrovsky A.S.* On the issue of assessing the resolution when scaling digital images // *Mechanical engineering and computer technologies*. No.06. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-otsenki-razreshayushey-sposobnosti-primasshtabirovaniya-tsifrovyyh-izobrazheniy> (date of application: 11.11.2022) (in Russ).

Vilkhovskiy D.E., 2020 — *Vilkhovskiy D.E.* Review of methods of steganographic image analysis in the works of foreign authors. *Mathematical structures and modeling*. – No. 4(56). – Pp. 75–102. DOI: 10.24147/2222-8772.2020.4.75-102. (in Russ).

Vovk O., Astrakhantsev A., 2015 — *Vovk O., Astrakhantsev A.* New steganographic method: Development and comparison with the most relevant, 2nd International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T. - Conference Proceedings. Pp. 237–240. DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2015.7357323.

W. Ruangsang and S. Aramvith, 2017 — *W. Ruangsang and S. Aramvith.* Efficient super-resolution algorithm using overlapping bicubic interpolation, *IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, Nagoya, Japan, 2017. Pp. 1–2. DOI: 10.1109/GCCE.2017.8229459.

Yingmin Li, F. Qi and Y. Wan, 2019 — *Yingmin Li, F. Qi and Y. Wan.* Improvements On Bicubic Image Interpolation, *2019 IEEE 4th Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*, Chengdu, China, 2019. Pp. 1316–1320. DOI: 10.1109/IAEAC47372.2019.8997600.

Yongxin Zhang, 2022 — *Yongxin Zhang.* Interpolate WRF data on Mercator projection to Cartesian grid. *IEEE IGARSS 2022*. [https://www.igarss2022.org/view\\_paper.php?PaperNum=2081#top](https://www.igarss2022.org/view_paper.php?PaperNum=2081#top).

Dengwen Z., 2010 — *Dengwen Z.* An edge-directed bicubic interpolation algorithm, 3rd International Congress on Image and Signal Processing, Yantai, China. Pp. 1186–1189. DOI: 10.1109/CISP.2010.5647190.

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

Volume 1, Number 345 (2023), 64-81  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.169>

УДК 004.931

© **M. Yessenova** , **G. Abdikerimova** , **A. Tolstoy** , **Zh. Lamasheva** ,  
**A. Nekessova** , 2023

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

### APPLICABILITY OF TEXTURE IMAGE ANALYSIS METHODS FOR DETECTION OF WHEAT WEED POCKS

**Yessenova Moldir** — Doctoral student of the Department of Information Systems of the Eurasian National University named after L.N. Gumilyov. Astana, Kazakhstan, st. Satpaeva, 2. 010000.

E-mail: [moldir\\_11.92@mail.ru](mailto:moldir_11.92@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2644-0966>;

**Abdikerimova Gulzira** — Associate Professor, Department of Information Systems. Eurasian National University named after L.N. Gumilyov. PhD. Astana, Kazakhstan, st. Satpaeva, 2. 010000.

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

**Tolstoy Ailanysh** — Lecturer at the Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications. Eurasian National University named after L.N. Gumilyov. PhD. Astana, Kazakhstan, st. Satpaeva, 2. 010000.

E-mail: [t\\_ailailanish.t@gmail.com](mailto:t_ailailanish.t@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-8230-0629>;

**Lamasheva Zhanar** — Senior Lecturer. Department of Information Systems. Eurasian National University named after L.N. Gumilyov. PhD. Astana, Kazakhstan, st. Satpaeva, 2. 010000.

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

**Nekessova Anargul** — Senior Lecturer of the Department of Information Systems of the Eurasian National University named after L.N. Gumilyov. Astana, Kazakhstan, st. Satpaeva, 2. 010000.

E-mail: [aimurat\\_anara@mail.ru](mailto:aimurat_anara@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0001-7642-0648>.

**Abstract.** Automated processing of aerospace information allows to effectively solve scientific and applied problems of cartography, ecology, oceanology, mineral exploration and development, agriculture and forestry and many other fields. At the same time, the main way to obtain information is to decode images, which are the main carrier of information about the area. Aerial images are a combination of natural textured areas and artificial objects. Texture features are used to solve tasks. Much attention is paid to the development of software tools that allow the extraction of features that describe textural differences for the segmentation of texture regions. This approach is universal and has great potential in researched aerial imagery to identify objects and boundaries of regions with different properties using clustering based on images of the same surface area taken in different vegetation



periods. That is, the question of the applicability of sets of textural features and other parameters for the analysis of experimental data is being studied. This article discusses the factors that negatively affect the growth of wheat, including the methods of analyzing textural features to determine the focus of weeds, on the plot of land belonging to the A.I. Baraev Research Institute, cadastral number 01-012-025-040:42. Spectral brightness coefficient (SBC), NDVI, statistical and structural methods of orthogonal transformation, clustering are used to solve the tasks. The textural features of the analysis of textural images are considered in the article, and informative textural features are defined for identifying factors that negatively affect the growth of agricultural crops.

**Keywords:** textural features, agricultural crops, image processing, space images

© М.Б. Есенова , Г.Б. Абдикеримова\* , А. Толстой , Ж.Б. Ламашева   
, А.А. Некесова , 2023

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан.  
E-mail: gulzira1981@mail.ru

## БИДАЙДАҒЫ АРАМШӨПТЕР ОШАҒЫН АНЫҚТАУ ҮШІН ТЕКСТУРАЛЫҚ БЕЛГІЛЕР ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ

**Есенова Молдир Балкаировна** — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Ақпараттық жүйелер кафедрасының докторанты. Астана, Қазақстан, Сатпаев к., 2. 010000.  
E-mail: moldir\_11.92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2644-0966>.

**Абдикеримова Гульзира Бахытбековна** — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Ақпараттық жүйелер кафедрасының м.а.доценты. PhD. Астана, Қазақстан, Сатпаев к., 2. 010000.

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

**Толстой Айланыш** — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Радиотехника, электроника және телекоммуникация кафедрасының оқытушысы. Астана, Қазақстан, Сатпаев к., 2. 010000.

E-mail: t\_ailanish@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8230-0629>.

**Ламашева Жанар Бейбутовна** — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Ақпараттық жүйелер кафедрасының аға оқытушысы. PhD. Астана, Қазақстан, Сатпаев к., 2. 010000.

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

**Некесова Анаргуль Аймуратовна** — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Ақпараттық жүйелер кафедрасының аға оқытушысы, Астана, Қазақстан, Сатпаев к., 2. 010000.  
E-mail: aimurat\_anara@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-7642-0648>.

**Аннотация.** Аэроғарыштық ақпаратты автоматтандырылған өңдеу картографияның, экологияның, океанологияның, пайдалы қазбаларды барлау мен игерудің, ауыл және орман шаруашылығының және басқа да көптеген салалардың ғылыми және қолданбалы мәселелерін тиімді шешуге мүмкіндік береді. Сонымен бірге, ақпаратты алудың негізгі жолы — аймақ туралы ақпараттың негізгі тасымалдаушысы болып табылатын кескіндерді декодтау. Аэроғарыштық суреттер табиғи текстуралы аймақтар мен жасанды

объектілердің қосындысы болып табылады. Тапсырмаларды шешу үшін текстуралық мүмкіндіктер қолданылады. Текстура аймақтарын сегменттеу үшін текстуралық айырмашылықтарды сипаттайтын мүмкіндіктерді бөліп көрсетуге мүмкіндік беретін бағдарламалық құралдарды әзірлеуге көп көңіл бөлінеді. Бұл тәсіл әмбебап болып табылады және әртүрлі вегетация кезеңдерінде түсірілген бір беткі ауданның суреттері негізінде кластерлеуді пайдалана отырып, объектілер мен әртүрлі қасиеттері бар аймақтардың шекараларын анықтау үшін зерттелетін аэроғарыштық кескінде үлкен әлеуетке ие. Яғни, эксперименттік мәліметтерді талдау үшін текстуралық белгілердің және басқа да параметрлердің жиынтықтарының қолдану мүмкіндігі туралы мәселе зерттелуде. Бұл мақалада А.И. Бараев атындағы ғылыми-зерттеу институтына тиесілі кадастрлық нөмірі 01-012-025-040:42 жер учаскесінде бидайдың өсуіне теріс әсер ететін факторлар, соның ішінде арашмөптер ошағын анықтау үшін текстуралық белгілерді талдау әдістері талқыланады. Қойылған міндеттерді шешу үшін спектрлік жарықтық коэффициенті (SBC), NDVI, ортогональды түрлендіру статистикалық және құрылымдық әдістері, кластерлеу қолданылады. Мақалада текстуралық кескіндерді талдаудың текстуралық ерекшеліктері қарастырылған, сонымен қатар ауылшаруашылық дақылдарының өсуіне теріс әсер ететін факторларды анықтау үшін ақпараттық текстуралық белгілер анықталған.

**Түйін сөздер:** текстуралық белгілер, ауылшаруашылық дақылдары, кескіндерді өңдеу, спутниктік суреттер

© М.Б. Есенова , Г.Б. Абдикеримова\* , А. Толстой , Ж.Б. Ламашева , А.А. Некесова , 2023

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

E-mail: gulzira1981@mail.ru

## **ПРИМЕНИМОСТЬ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ТЕКСТУРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ОЧАГОВ СОРНЫХ ТРАВ ПШЕНИЦЫ**

**Есенова Молдир Балканровна** — докторант кафедры информационных систем Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Астана, Казахстан, ул. Сағпаева, 2. 010000.  
E-mail: moldir\_11.92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2644-0966>;

**Абдикеримова Гульзира Бахытбековна** — и.о. доцента кафедры Информационных систем Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. PhD. Астана, Казахстан, ул. Сағпаева, 2. 010000.

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

**Толстой Айланыш** — преподаватель кафедры Радиотехника, электроника и телекоммуникация Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Астана, Казахстан, ул. Сағпаева, 2. 010000.

E-mail: t\_ailanish@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8230-0629>;

**Ламашева Жанар Бейбутовна** — старший преподаватель кафедры Информационных систем

Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. PhD. Астана, Казахстан, ул. Сагпаева, 2. 010000.

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

**Некесова Анаргүль Аймуратовна** — старший преподаватель кафедры Информационных систем Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Астана, Казахстан, ул. Сагпаева, 2. 010000.

E-mail: aimurat\_anara@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-7642-0648>.

**Аннотация.** Автоматизированная обработка аэрокосмической информации позволяет эффективно решать научные и прикладные задачи картографии, экологии, океанологии, разведки и разработки полезных ископаемых, сельского и лесного хозяйства и многих других областей. При этом основным способом получения информации является декодирование изображений, являющихся основным носителем информации о местности. Аэрофотоснимки представляют собой сочетание естественных фактурных участков и искусственных объектов. Тектурные особенности используются для решения задач. Большое внимание уделяется разработке программных средств, позволяющих извлекать признаки, описывающие тектурные различия, для сегментации тектурных регионов. Этот подход является универсальным и имеет большие возможности в области аэрофотосъемки для выявления объектов и границ регионов с различными свойствами с помощью кластеризации на основе изображений одного и того же участка поверхности, полученных в разные вегетационные периоды. То есть изучается вопрос о применимости наборов тектурных признаков и других параметров для анализа экспериментальных данных. В данной статье рассмотрены факторы, негативно влияющие на рост пшеницы, в том числе методы анализа тектурных признаков для определения очага сорняков на земельном участке, принадлежащем НИИ имени А.И. Бараева, кадастровый номер 01-012-025-040:42. Для решения поставленных задач используются коэффициент спектральной яркости (SBC), NDVI, статистические и структурные методы ортогонального преобразования, кластеризация. В статье рассмотрены тектурные признаки анализа тектурных изображений и определены информативные тектурные признаки для выявления факторов, негативно влияющих на рост сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** тектурные особенности, сельскохозяйственные культуры, обработка изображений, космические снимки

### **Кіріспе**

Қазіргі уақытта кескінді тану көптеген салалардағы негізгі мәселелердің бірі болып табылады. Автокөліктің мемлекеттік нөмірін іздеу, жол белгілерін жақсарту, медицинадағы патологияны анықтау, адамның бейнесін тану сияқты күнделікті өмірде кездесетін мәселелер шешіледі. Дүние жүзінде әртүрлі салаларда, яғни генетика, медициналық ғылыми-зерттеу институттары, ғарыштық зерттеулер ғылыми-зерттеу институттары, автоматика және

электрометрия ғылыми-зерттеу институттары және т.б. ғылыми мекемелерде текстуралық белгілер зерттеледі.

Текстураны келесідей бірнеше класқа бөлуге болады:

1) шығу тегі бойынша: жасанды да - мысалы, графикалық өрнектер, және табиғи - мысалы, шөп, орман, жер;

2) беттік құрылымы бойынша: геометриялық дұрыс қайталанатын элементтерден тұратын құрылымдық және кездейсоқ элементтер тізбегі арқылы құрылған стохастикалық; салыстырмалы өлшемдегі элементтердің текстурасы: ұсақ түйіршікті және ірі түйіршікті;

3) формадағы элементтердің текстурасы: толқынды, дақты, ретсіз, сызықтық және т.б. (Колодникова, 2004). Жоғарыда келтірілген анықтамалар мен сипаттамалардан, текстураның біртекті статистикалық сипаттамалары бар кескіннің белгілі бір бөлігі екендігі шығады. Бұл осы класстың әрбір текстурасын осы класстың барлық текстураларына ортақ сипаттамалық қасиет арқылы сипаттауға болатынын білдіреді (Гонсалес, 2022). Мұндай қасиеттер текстуралық белгілер деп аталады (Арсланов, 2016). Кескінді жекелеген аймақтарға бөлуде текстуралық ерекшеліктер маңызды рөл атқарады. Мысалы, аэрофотосуреттерде дәнді дақылдар немесе бұршақ дақылдары өсетін танаптарды ажыратуға, жапырақты немесе қылқан жапырақты ормандарды ажыратуға, ауыл шаруашылығы дақылдарындағы арамшөптердің қалталарын анықтауға және т.б.

Қазақстан Республикасының агроөнеркәсіптік кешенін (АӨК) дамытудың 2021–2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасы аясында айқындалған міндеттердің бірі – мемлекеттік қызмет көрсету сапасын арттыру және АӨК-де цифрлық технологияларды енгізуді қамтамасыз ету. бір. Бұл зерттеу жұмысының негізгі мақсаты аэроғарыштық сурет, вегетациялық кезең және спектрлік жарықтық коэффициенті мәліметтерін пайдалана отырып (Сур. 1), ауылшаруашылық дақылдары мен олардағы арамшөптер ошағын анықтау әдістерін қолдану болып табылады.



Сур. 1. Аэроғарыштық суреттерді өңдеу әдісі  
(Fig. 1. A method of processing aerial images)

Алынған нәтижелерді ғылыми зерттеулерде және өндірісте қолданылатын кескіндерді талдаудың автоматтандырылған жүйелерінде қолдануға болады. Оларды өнеркәсіпте пайдалану арамшөптерді жоюға, тыңайтқыштардың құнын төмендетуге, ал кейбір жағдайларда ауыл шаруашылығының сапасын жақсартуға мүмкіндік береді. Сондықтан дақылдардың өсуіне теріс әсер ететін факторларды анықтауда кескіндерді өңдеу, ондағы біртекті аймақтарды анықтау әлі де өзекті өзекті болып табылады.

Ғылыми әдебиеттерде статистикалық сипаттамаларға (энергия, энтропия, вариация және т.б.) негізделген белгілер қарастырылады. Атап айтқанда, мұндай белгілер ретінде сигнал мәндерінің бір өлшемді гистограммасы (1-ші ретті сипаттамалар) және сигнал мәндерінің екі өлшемді гистограммасы (2-ші ретті сипаттамалар) негізінде біртектілік өлшемдері ретінде есептелетін кеңістіктік таралулардың статистикалық сипаттамаларын қолдануға болады.

Екінші класс — өзара орналасуын ескеретін ерекшеліктер. Сырғымалы терезедегі пикселдердің өзара орналасуын ескеретін текстуралық мүмкіндіктерді қалыптастыру үшін іргелес матрицаны (басқа атауы — градиентті тарату матрицасы) пайдалануға негізделген тәсіл қолданылады.

#### *Әдебиеттерге шолу*

(Ержанова, 2022) мақалада авторлар зығыр және оның арамшөптерінің фокусын аэроғарыштық суреттердегі текстуралық ерекшеліктерімен анықтайды. Ғылыми әдебиеттерге сүйене отырып, әрбір мәселенің мәлімдемесі үшін нақты ақпараттық текстуралық ерекшелік векторы жоқ. Және бұл мақалада, атап айтқанда, бидай қарастырылмаған және оның өсуіне теріс әсер ететін фактор анықталмаған.

Бұл (Есенова, 2022) мақалада авторлар аэроғарыштық суреттерді талдау әдістерін қарастырып, әртүрлі вегетациялық кезеңдердегі дақылдардың күйін көрсетті. Атап айтқанда, аэроғарыштық суреттерге ортогональды түрлендіру әдістері қолданылды. Авторлар мақалада көрсетілгендерден басқа әдістердің тиімділігін анықтаған жоқ.

Жұмыс (Гайдель, 2013) сан сүйегінің рентгендік суреттерін текстуралық талдау арқылы тірек-қимыл аппаратының остеопороздық ауруларын компьютерлік диагностикалау әдісін ұсынады және зерттейді. Танудың қолайлы сапасын қамтамасыз ететін текстуралық белгілерді таңдау мәселесі шешілді. Әдістің өнімділігі белгілі диагнозы бар нақты рентгендік кескіндер жиынтығында зерттеледі. Ұсынылған әдісті клиникалық тәжірибеде қолдану мүмкіндігін көрсететін зерттеулердің нәтижелері берілген. Ұсынылған әдісті зерттеу үшін де, клиникалық диагностика үшін де бағдарлама әзірленді.

(Чабан, 2018) жұмыста авиациялық гиперспектрлік бейнелер бойынша өсімдік жамылғысын жүйелеу үшін спектрлік және текстуралық белгілерді ұжымдық пайдалану сынақтарының көрсеткіштері қарастырылған. Эксперименттік сенсормен алынған кескіндер арналардың аз санын пайдаланған кезде ғана текстуралық белгілердің жіктелу сапасын жақсартуға алады. Бірақ

акпараттық мазмұнды арттыру үшін әрбір көрініс үшін жеке текстуралық ерекшеліктер жиынтығымен айналысу қажет

(Костров, 2016) жұмыста авторлар Виленкин-Крестенсон функцияларының жүйелерін мүмкін болатын ең кіші тригонометриялық емес формада қолданудың теориялық және әдістемелік негізін әзірледі. Ақырғы интервалдардағы дискретті сигналдар теориясынан туындайтын ережелер мен қорытындылар негізінде Виленкин-Крестенсон функцияларының барлық түрлерінен негізгі функциялар жүйесін құрудың ең орынды нұсқасы көрсетілген. Алынған теориялық және әдістемелік ережелер аэроғарыштық суреттерді өңдеу үшін пайдаланылды. Бұл жұмыс аэроғарыштық суреттердің сапасын жақсартты және нақты объектілерді, яғни егістік алқаптарын ерекшелемеді.

Біздің жұмысымыздың ерекшелігі — аэроғарыштық кескіндерге ортогональды түрлендірулерді, текстуралық белгілер әдістерін қолдану. Атап айтқанда, ауыл шаруашылығы дақылдарының, яғни арамшөптердің өсуіне кері әсер ететін факторларды анықтауда осы әдістерді қолданудың тиімділігі.

### **Зерттеу әдісі**

Спектрлік талдауды орындау үшін алдымен сигналды немесе кескінді жиіліктерге ыдырату қажет. Ол үшін базистік функциялардың әртүрлі жиынтықтары қолданылады (Харалик, 1979). Сәйкес алгоритмдер түрлендірулер деп аталады: косинус, Хадамард, Хаар, қиғаш және т.б. Хаар және Добеши түрлендірулері ең қарапайым толқындық түрлендірулер екенін ескеріңіз. Бағдарлама MATLAB ортасында жүзеге асырылады және алты түрдегі спектрлік түрлендірулерді орындауға мүмкіндік береді: 1) косинус, 2)  $n^2$  ретті Хадамард, 3)  $n=p+11$  ретті Хадамард,  $p = 3 \pmod{4}$  — жай сан, яғни Legendre белгісіне негізделген, 4) Хаар, 5) қиғаш, 6) Добеши-4.

Төменде текстуралық белгілердің математикалық сипаттамалары берілген:

1. Энергия кескіннің біртектілік дәрежесін анықтайды:

$$T_1 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N [p(i, j)]^2.$$

2. Энтропия — кескін элементтерінің жарықтық қасиеттерінің біркелкі емес таралуы:

$$T_2 = - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p(i, j) \cdot \log_2(p(i, j));$$

3. Біртектілік (гомогендік) біртектіліктің өлшемі ретінде түсініледі?

$$T_3 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{p(i, j)}{1 + |i - j|},$$

4. Контраст — жарықтық деңгейлерінің таралу өлшемі. Жергілікті вариация шамасы бойынша анықталады. Жергілікті вариациялар саны артқан сайын контраст жоғарылайды:

$$T_4 = (i - j)^2 \cdot p(i, j);$$

5 Дифференциалдық энтропия жалпы матрицалық энтропияға және көршілес матрица энтропиясына ұқсас, бірақ жарықтық айырмашылықтарының гистограммасы үшін есептеледі:

$$T_5 = -\sum_{i=2}^N p_{x+y}(i) \log(p_{x+y}(i));$$

мұндағы

$$p_{x+y}(k) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \delta_{i+j,k} p(i, j), \quad k=2,3,\dots,2N, \quad \delta_{m,n} = \begin{cases} 1, & \text{if } m=n \\ 0, & \text{if } m \neq n. \end{cases}$$

6. Дисперсия қосындысы — бұл орташа мәннің қосындысына қатысты жарықтықтың өзгеруінің өзгеруі:

$$T_6 = \sum_{i=2}^{2N} (i - T_5)^2 p_{x+y}(i);$$

7. Корреляция — бейне жарықтығының сызықтық регрессияға қарсы өлшемі:

$$T_7 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j) \cdot p(i, j)}{\sigma_i \sigma_j};$$

$\mu_i, \mu_j, \sigma_i, \sigma_j - p(i, j)$  үшін орташа мәндер мен стандартты ауытқулар

8 Жалпы орташа мән көршілестік матрицасымен тығыз байланысты бейне элементтерінің жұптары үшін жарықтық мәндерінің қосындысының гистограммасынан анықталады:

$$T_8 = \sum_{i=2}^{2N} i \cdot p_{x+y}(i);$$

мұндағы

$$p_{x+y}(k) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N i + j = k p(i, j),$$

$k=2,3,\dots,2N$  – жанама диагональ бойымен таралу.

9. Кері айырым моменті контрастпен тығыз байланысты және градиенттік матрицаның негізгі диагоналының айналасындағы элементтердің шашырау дәрежесін көрсетеді. Бұл функция шеттік құрылымдар болған кезде контрастқа

балама болып табылады, өйткені жарықтық мәндеріндегі салыстырмалы үлкен айырмашылықтар түпкілікті нәтижеге минималды әсер етеді:

$$T_9 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N [1+(i-j)^2]^{-1} p(i, j).$$

10. Жалпы энтропия ақпараттың статистикалық теориясының классикалық мәнімен анықталады және бейне элементтердің жарықтық қасиеттерінің біркелкі таралуын білдіреді:

$$T_{10} = -\sum_{i=0}^{N-1} p_{x-y}(i) \log(p_{x-y}(i));$$

мұндағы  $p_{x-y}(k) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |i-j|=k p(i, j)$   $k=0, 1, 2, 3, \dots, N-1$  негізгі диагональ бойынша таралу.

11. 1 – корреляцияның ақпараттық өлшемі:

$$T_{11} = \frac{T_2 - HXY_1}{\max(HX, HY)};$$

мұндағы

$$HX = -\sum_i p_x(i) \log(p_x(i)), \quad HY = -\sum_j p_y(j) \log(p_y(j)),$$

$$HXY_1 = -\sum_i \sum_j p(i, j) \log(p_x(i) p_y(j)), \quad p_x(i) = \sum_{j=1}^N p(i, j); \quad p_y(j) = \sum_{i=1}^N p(i, j).$$

Ақпараттық өлшемдер іргелес матрицаның элементтері үшін статистикалық ақпарат теориясының байланысымен, жарықтық мәндерінің қосындысының гистограммасымен және жарықтық мәндерінің айырмасының гистограммасымен анықталады.

Соңғы кезде текстураны құрайтын элементтердің пішіні мен өлшеміне, жергілікті ерекшеліктерді есептеуге, текстуралық элементтердің кескін бойынша таралуын талдауға негізделген құрылымдық сипаттама әдісі жасалуда. Текстураны талдаудың құрылымдық тәсілдерінде текстуралар жай құрылымдық примитивтерден белгілі бір орналасу ережелеріне сәйкес құрастырылады деп күтіледі және бұл примитивтер тұрақты немесе жиі қайталаынады. Белгілер қатардың ұзындығына қарай беріледі. Текстура қатарының ұзындығы — растрлық жолдағы тұрақты жарықтығы бар элементтердің саны.

Серия — түзу сызық бойымен жазылған бірдей жарықтықтағы пикселдердің максималды жиыны. Серия жарықтығымен, ұзындығымен және бағытымен сипатталады. Ірі түйіршікті текстураларда бұл қатарлар ұсақ түйіршікті текстураларға қарағанда ұзағырақ.



12. Кері момент – қысқа қатарлардың анықтығын анықтайтын жергілікті ұқсастық өлшемі.

$$T_{12} = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} \frac{p(i, j)}{j^2}}{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} p(i, j)};$$

13. Момент — оптикалық тығыздығы тұрақты сызықтың салмағы. Бұл функция кез келген сұр деңгей үшін ұзындық салмағына көбейтілген әрбір сызық салмағының шамасымен сипатталады:

$$T_{13} = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} j^2 p(i, j)}{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} p(i, j)},$$

14. Жарықтықтың өзгеруі — сұр деңгейдің таралуы. Бұл белгі оптикалық тығыздық сызықтарының саны сұр деңгейге біркелкі бөлінген жағдайларда минималды мәнді қабылдайды:

$$T_{14} = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} (p(i, j))^2}{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} p(i, j)},$$

15. Жол ұзындығының гетерогенділігі — оптикалық тығыздығы тұрақты сызық ұзындығының таралуы. Біркелкі бөлу кезінде минималды мән:

$$T_{15} = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \left( \sum_{j=1}^{N_r} (p(i, j)) \right)^2}{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} p(i, j)}.$$

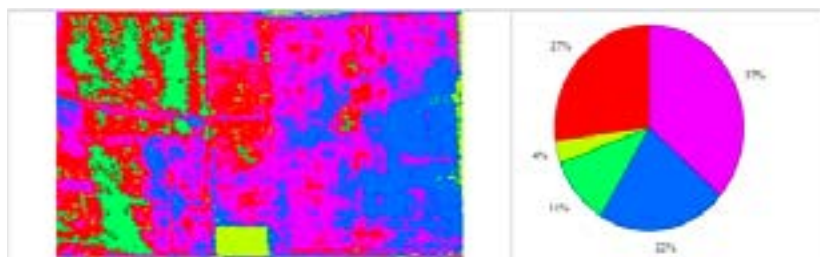
16. Сериядағы суретті бөлісу:

$$T_{16} = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} p(i, j)}{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} jp(i, j)}.$$

Жоғарыда аталған текстуралық ерекшеліктер ғылыми әдебиеттерде қарастырылып, ақпараттық текстуралық белгілер осы белгілер негізінде таңдалды.

### Нәтижелер мен пікірталас

Эксперимент барысында есептеу MatLab ортасында орындалады және кескінді талдау үшін пайдаланылады. Кескін бағдарламалық құрал арқылы бөлек бөліктерге бөлінеді. Текстуралық кескіндерді зерттеуде ортогональды түрлендіруді қолдану арқылы әртүрлі стандартты емес әдістерді қолдануға болады. Мысалы, бастапқы кескін қиылыспайтын шаршы терезелерге бөлінеді. Тәжірибе көрсеткендей, терезе өлшемін кішірейту жақсырақ:  $8 \times 8$ ,  $16 \times 16$ ,  $32 \times 32$  және т.б. Әрбір терезеде интегралды түрлендіруді орындаймыз. Біз сондай-ақ жоғары жиілікті коэффициенттер немесе спектрдің кейбір бөліктері сияқты кейбір спектрлік коэффициенттерді нөлге қоямыз. Екі өлшемді жағдайда жиілік спектрлері матрица түрінде болады. Матрицаның элементтерін векторлар түрінде орналастырайық. Мысалы, соңында бірінен соң бірі орналасқан матрицаның жолдарын қарастырайық. Векторлық деректерде алынған вектордан нөлге теңестірілген спектрлердің коэффициенттерін алып тастаймыз. Нәтижесінде осы векторларды кластерлеу процедурасын орындаймыз. Жоғарыда сипатталған әдістермен кескінді өңдеу нәтижелері төменде келтірілген (2-сурет).



Сур. 2. Хаар түрлендіруі қолданылған спектрдің төменгі жиілігі бойынша кластерлеу нәтижесі

(Fig. 2. The result of clustering according to the lower frequency of the spectrum, where the Haar transformation was applied)

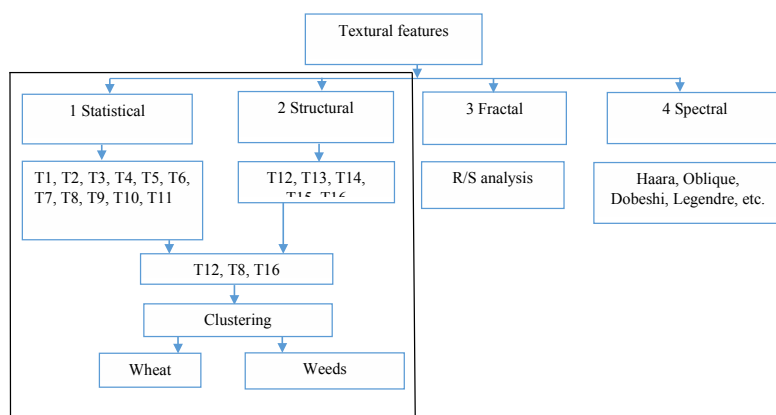
Бараев атындағы ғылыми-зерттеу институты агрономдарының мәліметі бойынша, бидай 2021 жылдың 12 шілдесі мен 25 жылдың 2021 жылдың 5 маусымы аралығында өсірілді. 17.06.2021 арамшөптер будандастырылып, 18.07.2021 бастап жойылады. Төмендегі кестеде әртүрлі вегетациялық кезеңде арамшөптердің пайызы көрсетілген.

Кесте 1 - Әртүрлі вегетациялық кезеңде арамшөптерді ортогональды түрленулер арқылы анықтау

дата	әдістер	10.06.2021	01.07.2021	21.07.2021	06.08.2021
Хаар		27%	15%	9%	4%
Добеши-4		28%	16%	10%	5%

Косинустық	28%	16%	10%	5%
$=p+11$ ретті Хадамард, $p = 3(\text{mod } 4)$ - жай сан, яғни Legendre белгісіне негізделген	27%	15%	9%	4%
$n^2$ ретті Хадамард	28%	16%	10%	5%
Қиғаш	27%	15%	9%	4%

Текстура белгілерін талдаудың негізгі міндеттеріне мыналар жатады: текстуралық айырмашылықтарды сипаттайтын белгілерді таңдау, қалыптастыру, біртекті аймақтарды таңдау, бірнеше текстурасы бар аймақтарды жіктеу, нақты объектіні текстура бойынша анықтау. Аэроғарыштық суреттер бойынша ауыл шаруашылығы астық алқаптарының үлкен аумақтарын талдауға негізделген сегменттеу әдістерін қолданылған кескіндердің текстуралық белгілердің ерекшеліктеріне қарай статистикалық, құрылымдық, фракталдық, спектрлік және құрама деп бөлуге болады (Сидорова, 2008). Текстура аймақтарын таңдау үшін текстураны сегменттеу мәселесі шешіледі, ол кескінді тұрақты текстурасы бар аймақтарға бөлуден тұрады, яғни белгілі бір текстуралық белгілердің мәндері салыстырмалы түрде тұрақты болатын аймақтарды анықтау. Территориялық талдауға негізделген сегменттеу әдістерін қолданылған кескіндердің текстуралық аймақтарының ерекшеліктеріне қарай статистикалық, құрылымдық, фракталдық, спектрлік, аралас әдістерге бөлуге болады. Аэроғарыштық ақпаратты автоматтандырылған өңдеу картографияның, жаратылыстанудың, океанологияның, пайдалы қазбаларды барлау мен игерудің, ауыл және орман шаруашылығының және басқа да көптеген салалардың ғылыми және қолданбалы мәселелерін тиімді шешуге мүмкіндік береді. Тектуралық белгілер әдістерінен екінші ретті статистикалық және құрылымдық белгілерді кешенді қолданудың көмегімен ауыл шаруашылығы дақылдары мен арамшөптердің айырмашылығы анықталады. 3-суретте ақпараттық текстуралық мүмкіндіктер көрсетілген.



Сур. 3. Ақпараттық текстуралық белгілер  
(Fig. 3. Informative textural features)

Бағдарлама MatLab ортасында жүзеге асырылады. Кіріс деректер ретінде аэроғарыштық суреттер алынды. Бұл мәселені шешу үшін көптеген тәсілдер мен алгоритмдер ұсынылды. Негізгі назар текстураның ерекшеліктерін есептеудің тиімді алгоритмдерін құруға аударылды. Таңдалған аумақтар кездейсоқ таңдалды (сур. 4). Тектуралық ерекшеліктер әрбір аймақ үшін есептеледі. Схема бойынша әрбір мүмкіндіктің ақпараттылығы тексеріліп, 18 мүмкіндіктің ішінен 3 тектуралық белгі таңдалды: T12, T8 және T16.



Сур. 4. Талдау жүргізу үшін қарастырылған аймақ  
(Fig. 4. Area considered for analysis)

8 Жалпы орташа мән көршілестік матрицасымен тығыз байланысты бейне элементтерінің жұптары үшін жарықтық мәндерінің қосындысының гистограммасынан анықталады:

$$T8 = \sum_{i=1}^{2N} 2^i \cdot p_{x+y}(i);$$

Мұндағы  $x+y(k) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N i+j=k p(i,j)$ ,  $k = 2,3,\dots,2N-d$  жанама

диагональ бойымен таралу.

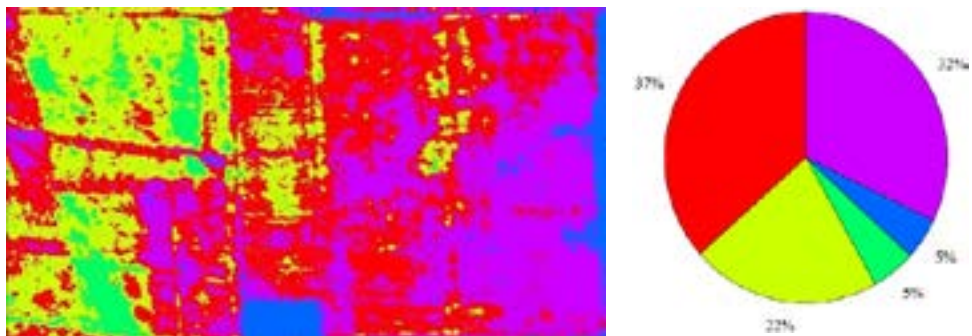
12 Кері момент – қысқа қатарлардың анықтығын анықтайтын жергілікті ұқсастық өлшемі:

$$T12 = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} \frac{p(i,j)}{j^2}}{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} p(i,j)};$$

16. Сериядағы суреттің үлесі:

$$T_{16} = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} p(i, j)}{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} jp(i, j)}$$

Бұл жұмыста 14 статистикалық және құрылымдық текстуралық белгілердің ішінен бидай мен оның арамшөптерін анықтайтын 3 ақпараттық текстуралық белгілер, яғни T12, T8, T16 анықталған. 4-суретте кластерлеу стандартты түрде жүзеге асырылады, яғни ағымдағы терезенің өлшемі 3x3 (сур. 5).



Сур. 5. T12, T8, T1 текстуралық белгілер бойынша кластерлеу нәтижесі  
(Fig. 5. The result of clustering on textural features T12, T8, T1)

Төмендегі кестеде ақпаратты (T12, T8, T16) текстуралық белгілерді қолдану нәтижесінде әр түрлі вегетациялық кезеңдегі арамшөп ошағының бар болуының пайыздық сипаттамасы көрсетілген.

Кесте 2. Текстуралық белгілер бойынша кластерлеу мәнінің нәтижелері

күні	әдістер	9.06.2021	01.07.2021	21.07.2021	06.08.2021
	Текстуралық белгілер (T12, T8, T16)	22 %	12 %	7 %	2 %

Текстуралық белгілердің ақпараттық мазмұнын анықтағаннан кейін фермерлерге олардың үлкен егістіктерінің жағдайын бақылауға көмектесетін ақпараттық жүйе құрылды. Бараев атындағы ғылыми-зерттеу институтының жер телімінің өсімдік жамылғысының әртүрлі кезеңдеріндегі арамшөптердің өсу ошағы төменде көрсетілген суреттерде көрсетілген (6-сурет).



Сур. 6. Бидай мен арамшөптердің өсу динамикасы  
(Fig. 6. Growth dynamics of wheat and weeds)

Мультиспектрлі кескінді өңдеуден кейін ақпараттық текстуралық мүмкіндіктер көмегімен сұр түсті кескін (NDVI) анықталады. Спектрлік жарықтық коэффициенті бойынша алынған аэроғарыштық суреттерді зерттей отырып, вегетациялық кезеңнің әртүрлі кезеңдерінде зерттеу жұмыстары жүргізілді.

Аэроғарыштық суреттерде ақпараттық текстуралық белгілерді қолданғаннан кейін біртекті емес жерлер анықталды, яғни дәнді дақылдар дақылдарында арамшөптердің болуы. А. И. Бараев атындағы ауылшаруашылық ғылыми-зерттеу орталығының агрономдарының нақты деректері бойынша зерттеу барысында арамшөптердің пайызы сәйкес келеді.

Бұл әдістің кемшілігі аэроғарыштық суреттерде өсімдік зиянкестері мен ауруларын анықтау мүмкін еместігі болып табылады. Сондай-ақ, ақпараттық мүмкіндіктерді таңдаудағы негізгі мәселе кескіндегі ұқсас түс пен текстура мәндері бар құрылымдық аймақтарды сенімді сегменттеу үшін қандай және қанша мүмкіндікті алу керектігін анықтау болып табылады. Бастапқы жүйедегі белгілердің шамадан тыс артуы оң нәтиже бермейтіні белгілі, өйткені өлшемдері бірдей белгілердің берілген жиынтығы функционалдық кеңістіктің өлшеміне кері пропорционалды. Кескін аумақтарын сегменттеу мәселесін шешу үшін қолданылатын мүмкіндіктерге қойылатын ең маңызды талаптар мыналар болуы мүмкін (Боровик, 2018): мүмкіндік ақпараттық болуы керек, яғни осы кескін үшін шешілетін мәселе шеңберінде маңызды ақпаратты қамтуы және объектілерді дәл сегменттеуді қамтамасыз ету; атрибут кескінді сегменттеу алгоритмін өңдеуге мүмкіндік беруі керек, яғни оның таңдалған сегменттеу алгоритмі үшін арнайы пішімі болуы керек.

Осылайша, ақпараттық мүмкіндіктердің минималды жиынтығын құру мәселесін шешу текстуралық кескін аймақтарын сегменттеу алгоритмдері (Абдикеримова, 2019), (Ержанова, 2022), (Есенова, 2022) мен ақпараттық технологияларын әзірлеудің негізгі факторларының бірі болып табылады. Текстуралық белгілерді төрт негізгі класқа бөлуге болады (сур. 1).

Сарапшылардың пікірінше, аэроғарыштық суреттерге ақпараттық текстуралық мүмкіндіктерді қолдану нәтижесінде алынған суреттерде арамшөп өсімдіктерінің қалталары табылды және олардың деректерімен салыстырғанда пайыздық арақатынас шамамен 2% айырмашылықты берді.

### **Қорытынды**

Зерттеулер Солтүстік Қазақстанның Ақмола облысындағы бидай алқаптарында жүргізілді. Бараев атындағы ғылыми-өндірістік орталығы ұсынған мәліметтер талданды: бидай егу мерзімі, арамшөптермен улану, бидай жинау мерзімі. Бұл жұмыста қолданылған түпнұсқа суреттер Жер туралы күнделікті ақпарат қолжетімді Planet.com сайтынан алынды.

1. Аэроғарыштық суреттерді өңдеу үшін ортогональды түрлендіру әдістерін қолдану мүмкіндігі анықталды.;

2. Аэроғарыштық суреттерді өңдеу арқылы ауыл шаруашылығы дақылы — бидайдың өсуіне кері әсер ететін арамшөп ошақтарын анықтау үшін ақпараттық текстуралық белгілер анықталды. (T12, T16, T8);

3. Ауыл шаруашылығы дәнді дақылдарының зақымдану аймағы Заңдардың текстуралық маска әдісімен анықталды.

Барлық жарияланған нәтижелер А.И. Бараев атындағы ғылыми-зерттеу институты. Келешекте машиналық оқытуда аталған әдістердің ең тиімдісін пайдалана отырып, қоршаған ортаға зиян келтірмей, әртүрлі ресурстарды оңтайландыру, өнімділікті арттыру және жоғары өнімділікке теріс әсер ететін факторларды жою бойынша әрекеттер жүйесін әзірлейтін автоматтандырылған қосымша әзірленетін болады.

### **ӘДЕБИЕТТЕР**

Харалик Р.М., 1979 — *Харалик Р.М.* Тексураларды сипаттауға статистикалық және құрылымдық тәсілдер // *Тиер*. - 1979. - Т. 67. - Жок. 5. - С. 98.

Абдикеримова Г.Б. және т.б., 2019 — *Абдикеримова Г.Б. және т.б.* Ортогональды түрлендірулер негізінде текстуралық бейнелерді талдау // *Теориялық және қолданбалы ақпараттық технологиялар журналы*. – 2019. – Т. 97. – №. 1. – С. 15-22.

Арсланов М.З., Әмірғалиева З.Е. & Кеншимов С.А., 2016 — *Арсланов М.З., Әмірғалиева З.Е. & Кеншимов С.А.* Ең аз шекті нейрондар саны бар N-биттік паритеттік нейрондық желілер. *Ашық инженерия*, 6(1).

Боровик В.С., 2018 — *Боровик В.С.* Техногендік объектілерді тану үшін техникалық көрудің интеллектуалды жүйелерін зерттеу: дайындау бағыты бойынша кандидаттық диссертация: 09.04. 02-Ақпараттық жүйелер мен технологиялар.

Гайдель А.В., Первушкин С.С., 2013 — *Гайдель А.В., Первушкин С.С.* Рентгендік суреттер арқылы сүйек тінінің ауруларын диагностикалау үшін текстуралық ерекшеліктерді зерттеу. *Компьютерлік оптика*, 37(1), 113–119.

Гонсалес Р. және Вудс Р., 2022 — *Гонсалес Р. және Вудс Р.* Сандық кескінді өңдеу. литр.

Ержанова А. және т.б., 2022 — *Ержанова А. және т.б.* Ақпараттық текстуралық

мүмкіндіктерді пайдалана отырып, стандартты емес тәсілмен аэроғарыштық кескіндерді сегменттеу //Шығыс-еуропалық кәсіпорындық технологиялар журналы. – 2022. – Т. 1. – №. 2. – С. 115.

Ержанова А., Әбдікерімова Г., Әлімова З., Сланбекова А., Тұңғатарова А., Мұратхан Р., & Жүнісова Г., 2022 — *Ержанова А., Әбдікерімова Г., Әлімова З., Сланбекова А., Тұңғатарова А., Мұратхан Р., & Жүнісова Г. Ақпараттық* текстуралық мүмкіндіктерді пайдалана отырып, стандартты емес тәсілмен аэроғарыштық кескіндерді сегменттеу. Кәсіпорын технологияларының Шығыс-Еуропалық журналы, 1(2), 115.

Есенова М.Б. және т.б., 2022 — *Есенова М.Б. және т.б.* Аэрофотосуреттерде бидайдың өсуіне теріс әсер ететін факторларды анықтау үшін ақпараттық текстуралық ерекшеліктерді қолдану мүмкіндігі // Шығыс-еуропалық кәсіпорын технологиялары журналы. – 2022. – Т. 4. – №. 2. – С. 51–58.

Есенова М., Абдикерімова Г., Адилова А., Ержанова А., Какабаев Н., Аязбаев Т., Сәттібаева З., Оспанова Т., 2022 — *Есенова М., Абдикерімова Г., Адилова А., Ержанова А., Какабаев Н., Аязбаев Т., Сәттібаева З., Оспанова Т.* Ауыл шаруашылығы дақылдарының өсуіне кері әсер ететін факторларды ортогональды түрлендіру әдістерімен анықтау. Кәсіпорын технологияларының Шығыс-Еуропалық журналы, 3(2), 117.

Колодникова Н.В., 2004 — *Колодникова Н.В.* Үлгіні тану мәселелері үшін текстура мүмкіндіктерін қарастыру. Томск мемлекеттік басқару жүйелері және радиоэлектроника университетінің есептері, (1 (9)), 113–123.

Костров В. және т.б., 2016 — *Костров В. және т.б.* Квази екіөлшемді спектрлік кеңістікте аэроғарыштық кескіндерді өңдеудің теориялық аспектілері // МАТЕС конференция желісі. – ЭДП ғылымдары, 2016. – Т. 75. – С. 03006.

Пластинин А.И., 2012 — *Пластинин А.И.* Марков модельдері негізінде текстуралық бейнелердің ерекшеліктерін қалыптастыру әдісі (докторлық диссертация, С.П. Королев атындағы Самара мемлекеттік аэроғарыш университеті).

Сидорова В.С., 2008 — *Сидорова В.С.* Сурет текстурасының бақылаусыз жіктелуі. Үлгіні тану және кескінді талдау, 18(4), 693–699.

Чабан Л.Н. және Березина К.В., 2018 — *Чабан Л.Н. және Березина К.В.* Гиперспектрлік аэрофотосуреттер арқылы өсімдіктерді жіктеудегі спектрлік және текстуралық белгілердің ақпараттық мазмұнын талдау. Жоғары оқу орындарының жаңалықтары. Геодезия және аэрофототүсірілім, 62(1), 85–95.

## REFERENCES

Abdikerimova G.B. et al., 2019 — *Abdikerimova G.B. et al.* The analysis of textural images on the basis of orthogonal transformations //Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2019. – Т. 97. – №. 1. – С. 15–22.

Arslanov M.Z., Amirgalieva Z.E. & Kenshimov C.A., 2016 — *Arslanov M.Z., Amirgalieva Z.E. & Kenshimov C.A.* N-bit parity neural networks with minimum number of threshold neurons. *Open Engineering*, 6(1).

Borovik V.S., 2018 — *Borovik V.S.* The study of intelligent systems of technical vision for the recognition of man-made objects: master’s thesis in the direction of preparation: 09.04. 02-Information systems and technologies.

Chaban L.N. & Berezina K.V., 2018 — *Chaban L.N. & Berezina K.V.* Analysis of the information content of spectral and textural features in the classification of vegetation by hyperspectral aerial photographs. *News of higher educational institutions. Geodesy and Aerial Photography*, 62(1), 85–95.

Gaidel A.V. & Pervushkin S.S., 2013 — *Gaidel A.V. & Pervushkin S.S.* The study of textural features for the diagnosis of diseases of the bone tissue by X-ray images. *Computer Optics*, 37(1), 113–119

Gonzalez R. & Woods R., 2022 — *Gonzalez R. & Woods R.* Digital image processing. liters.

Haralik R.M., 1979 — *Haralik R.M.* Statistical and structural approaches to the description of textures // *Tier*. - 1979. - Т. 67. - No. 5. - S. 98.



Kolodnikova N.V., 2004 — *Kolodnikova N.V.* Review of texture features for pattern recognition problems. Reports of the Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, (1 (9)), 113–123.

Kostrov B.V. et al., 2016 — Kostrov B.V. et al. Theoretical aspects of aerospace image processing in quasi two-dimensional spectral space //MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2016. – T. 75. – C. 03006.

Plastinin A.I., 2012 — *Plastinin A.I.* Method of formation of features of texture images based on Markov models (Doctoral dissertation, Samara State Aerospace University named after SP Korolev).

Sidorova V.S., 2008 — *Sidorova V.S.* Unsupervised classification of image texture. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 18(4). 693–699.

Yerzhanova A. et al. —Segmentation of Aerospace Images by a Non-Standard Approach using Informative Textural Features //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2022. – T. 1. – №. 2. – C. 115.

Yerzhanova, A., Abdikerimova, G., Alimova, Z., Slanbekova, A., Tungatarova, A., Muratkhan, R., ... & Zhunussova, G. (2022). —Segmentation of Aerospace Images by a Non-Standard Approach using Informative Textural Features. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(2), 115.

Yessenova M. B. et al.— The applicability of informative textural features for the detection of factors negatively influencing the growth of wheat on aerial images // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2022. – T. 4. – №. 2. – C. 51-58.

Yessenova, M., Abdikerimova, G., Adilova, A., Yerzhanova, A., Kakabayev, N., Ayazbaev, T., Sattybaeva, Z., Ospanova, T. (2022). —Identification of factors that negatively affect the growth of agricultural crops by methods of orthogonal transformations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(2), 117.

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

Volume 1, Number 345 (2023), 82-93  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.170>

UDK 004-93

© L. Zholshiyeva<sup>1</sup>, T. Zhukabayeva<sup>1</sup>, Sh.uraev<sup>2</sup>, M. Berdieva<sup>3</sup>,  
R. Sengirbayeva<sup>4</sup>, 2023

<sup>1</sup>Astana International University, Astana, Kazakhstan;

<sup>2</sup>College of Information Technology, United Arab Emirates University,  
Al Ain, United Arab Emirates;

<sup>3</sup>South Kazakhstan Medical Academy, Shymkent, Kazakhstan;

<sup>4</sup>Special boarding school №1 for children with hearing impairment,  
Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: [lazzat.zhol.81@gmail.com](mailto:lazzat.zhol.81@gmail.com)

## REAL-TIME KAZAKH SIGN LANGUAGE RECOGNITION USING MEDIAPIPE AND SVM

**Zholshiyeva Lazzat** — Doctoral student. Higher school of information technology and engineering. Astana International University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: [lazzat.zhol.81@gmail.com](mailto:lazzat.zhol.81@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-2526-8471>;

**Zhukabayeva Tamara** — PhD. Associate Professor. Higher school of information technology and engineering. Astana International University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: [tamara\\_kokenovna@mail.ru](mailto:tamara_kokenovna@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-6345-5211>;

**Sherzod Turaev** — Department of Computer Science & Software Engineering College of Information Technology. United Arab Emirates University Al Ain. United Arab Emirates.

E-mail: [sherzod@uaeu.ac.ae](mailto:sherzod@uaeu.ac.ae), <https://orcid.org/0000-0001-6661-8469>;

**Berdieva Meruert** — PhD. Department of medical biophysics and IT South Kazakhstan Medical Academy. Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: [meruert\\_berdieva@mail.ru](mailto:meruert_berdieva@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0008-5259-7618>;

**Sengirbaeva Raykhan** — teacher. Special boarding school №1 for children with hearing impairment. Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: [raia\\_v.i.p@mail.ru](mailto:raia_v.i.p@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0007-2245-5726>.

**Abstract.** In this study, the real-time Kazakh dactyl alphabet recognition is proposed using machine-learning algorithm. Kazakh, Russian-Kazakh, American sign languages are analyzed. Besides, the program for recognition of 42 Kazakh dactylic gestures is implemented. The Support Vector Machine (SVM) algorithm is selected for gesture recognition. Also, the quality of algorithms was evaluated. The dataset of more than 4200 images with 42 classes are formed. The Framework

Media Pipe is used to get landmarks and for dataset acquisition. The work in this paper is the extension towards examining the difficulties in classification of gestures in Kazakh Sign Language (KazSL). The user should be able to capture images of Kazakh hand gestures with the webcam, and the recognizer program should predict and show the name of the captured gesture. The goal of the model is to detect 42 gestures with real-time processing speed, minimize interference, and get a high percentage of recognition accuracy. Results show that the algorithm is up to 99% accuracy. The importance of that model lies in its economy and ease of use. This system used real-time images from video frames captured by a webcam. Further, the processed images were transferred to the classifiers using the SVM algorithm. The classifier turned the image into a model. Finally, the expected result was obtained.

**Keywords:** hand gesture, sign language recognition, machine learning, SVM

© Л.З. Жолшиева<sup>1\*</sup>, Т.К. Жукабаева<sup>1</sup>, Ш. Тураев<sup>2</sup>, М.А. Бердиева<sup>3</sup>, Р.К. Сенгирбаева<sup>4</sup>, 2023

<sup>1</sup>Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан;

<sup>2</sup>Ақпараттық технологиялар колледжі, Біріккен Араб Әмірліктері университеті, Әл-Айн, Біріккен Араб Әмірліктері;

<sup>3</sup>Оңтүстік Қазақстан Медициналық мемлекеттік академиясы, Шымкент, Қазақстан;

<sup>4</sup>Есту қабілеті бұзылған балаларға арналған №1 арнайы мектеп-интернаты, Шымкент, Қазақстан.

E-mail: lazzat.zhol.81@gmail.com

## НАҚТЫ УАҚЫТ РЕЖИМІНДЕ MEDIAPIPE ЖӘНЕ SVM АРҚЫЛЫ ҚАЗАҚ ҰМ ТІЛІН ТАҢУ

**Аннотация.** Зерттеуде машиналық оқыту алгоритмі арқылы қазақ дактильді әліппесін нақты уақыт режимінде тану ұсынылады. Америка, үнді және араб ұмдау тілдері талданды. Сонымен қатар, 42 қазақтың дактильді қимылдарын тану бағдарламасы жүзеге асырылды. Қимылдарды тану үшін қолдау векторлық машинасы (SVM) алгоритмін таңдалды. Алгоритмнің сапасы да бағаланды. 42 кластан тұратын 4200-ден аса суреттерден жасалған деректер жинағы құрылды. Қол белгілерін алу және деректерді жинау үшін Framework Media Pipe пайдаланылды. Мақаладағы жұмыс қазақ ұмдау тіліндегі ұм-ишараны жіктеу қиындықтарын зерттеудің жалғасы болып табылады. Қолданушы веб-камера арқылы қазақ қол қимылдарының суретін түсіре алуы керек, ал оларды тану бағдарламасы түсірілген қимылдың атын болжап, көрсетуі керек. Модельдің мақсаты - нақты уақыт режимінде өңдеу жылдамдығымен 42 қимылды анықтау, кедергілерді азайту және тану дәлдігінің жоғары пайызын алу. Нәтижелер алгоритмнің дәлдігі 99%-ға жететінін көрсетті. Мұндай жүйенің маңыздылығы — оның бағасының

тиімділігі мен қолданудағы қарапайымдылығы. Аталған жүйеде нақты уақыт режимінде веб-камера арқылы түсірілген видеокадрлардан алынған суреттер пайдаланылды. Арықарай, өңделген суреттер SVM алгоритм қолданатын классификаторларға берілді. Классификатор суретті модельге айналдырды. Соңында болжамды нәтиже алынды.

**Түйін сөздер:** қол-қимыл, ымдау тілін тану, машиналық оқыту, SVM

© Л.З. Жолшиева<sup>1\*</sup>, Т.К. Жукабаева<sup>1</sup>, Ш. Тураев<sup>2</sup>, М.А. Бердиева<sup>3</sup>,  
Р.К. Сенгирбаева<sup>4</sup>, 2023

<sup>1</sup>Международный университет Астана, Астана, Казахстан;

<sup>2</sup>Колледж информационных технологий, Университет Объединенных Арабских Эмиратов, Эль-Айн, Объединенные Арабские Эмираты;

<sup>3</sup>Южно-Казахстанская медицинская государственная академия,  
Шымкент, Казахстан;

<sup>4</sup>Специальная школа-интернат №1 для детей с нарушениями слуха,  
Шымкент, Казахстан.

E-mail: lazzat.zhol.81@gmail.com

## **РАСПОЗНАВАНИЕ КАЗАХСКОГО ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MEDIAPIPE и SVM**

**Аннотация.** В исследовании предлагается распознавание казахского дактильного алфавита в реальном времени с использованием алгоритма машинного обучения. Проанализированы казахский, казахско-русский и американский жестовые языки. Кроме того, реализована программа распознавания 42 казахских дактильных жестов. Выбран алгоритм машины опорных векторов (SVM) для распознавания жестов. Также оценивалось качество алгоритмов. Сформирован набор данных из более 4200 изображений с 42 классами. Использован Framework Media Pipe для получения ориентиров руки и для сбора данных. Работа в статье является продолжением изучения трудностей классификации жестов в казахском языке жестов (KazSL). Пользователь должен иметь возможность захватывать изображения казахских жестов рук с помощью веб-камеры, а программа распознавания должна предсказывать и отображать название захваченного жеста. Цель системы — обнаружение 42 казахских жестов со скоростью обработки в реальном времени, минимизировать помехи и получить высокий процент точности распознавания. Результаты показывают, что точность алгоритма достигает 99%. Важность такой модели заключается в ее экономичности и простоте использования. В этой системе использовались изображения в реальном времени из видеокадров, захваченных веб-камерой. Далее обработанные изображения передавались в классификаторы по алгоритму SVM. Классификатор превратил изображение в модель. Наконец, ожидаемый результат был получен.

**Ключевые слова:** жест руками, распознавание жестов, машинное обучение, SVM

**Introduction**

With the rise of human-computer interaction, the high technologies are developed, and that technologies more help to deaf people in communication.

Sign language is not universal throughout the world, because it naturally emerges, develops and changes in different local communities. It consists of different sign systems that combine commonly used signs in society and the language of deaf people.

Sign language is the primary tool of interpersonal communication and natural method of communication for deaf people. They use gestures as a non-verbal communication tool to express their thoughts and emotions. There are specialized schools for deaf people, higher educational institutions, and educational materials, online courses, and websites in our country. However, there are almost no effective tools for machine translation of sign language, except KRSL-Online School (Mukushev et al., 2022: 5).

The research published on intelligent systems in sign language recognition over the past two decades are analyzed and reviews of techniques for vision-based sign language recognition are presented. The literature review (Adeyanjua et al., 2021: 36) presented that perfect intelligent systems for sign language recognition are still an open problem. Certainly, the researches on the Kazakh sign language recognition system are not fully explored and that problem is actual nowadays. Due to the high accuracy of using of machine learning algorithms for 31 Kazakh gestures (Kenshimov et al., 2021: 15), this paper considers the machine learning method for 42 Kazakh gestures, as there was no such works.

The aim of this paper is the recognition of 42 Kazakh dactyl alphabet (figure 1) (Ergaliyeva et al., 2005: 401) with the highest accuracy using machine-learning methods. The contribution of this paper is enhance Kazakh gestures recognition using the algorithm of machine learning. As a method, the proposed SVM is applied in 42 gestures with new created dataset.



Fig. 1. 42 Kazakh dactyl alphabet

## **Methods and materials**

Various features extraction and classification techniques used in SLR to achieve good results are discussed in review (Adeyanjua et al., 2021: 36). Another review (Cheok et al., 2019: 23) provides thorough the current methods used in recent hand gesture and sign language recognition research existing state-of-the-art SLR models over the past decade that facilitates a comprehensive overview of SLR and discusses the needs, challenges, and problems associated with SLR and suggests future directions.

LSTM RNN architecture for a wide range of modeling in sign language recognition has reviewed in (Bayegizova et al., 2022: 7). Adding a new layer to model, sign language is recognized with an accuracy of up to 98%. SMV to recognition Arabic sign language (ArSL) model achieved a recognition accuracy of 99% (Tharwat et al., 2015: 12). A similar research also used Kinect with the SVM classifier to develop Indian Sign Language Recognition (SLR) system that the recognition accuracy of 97.5. Also, SVM was implemented on a mobile application to recognize 16 ASL alphabets and achieved a recognition accuracy of 97.13% (Jin et al., 2016: 6). There are some papers (Joshi et al., 2020: 10, Barbhuiya et al., 2021: 19, Sharma et al., 2021: 12), that employed SVM as a classifier with better performance. The system (Alzohairi et al, 2018:7) includes object detection and classification stages. Support Vector Machine (SVM) that combines feature extraction and classification stages is proposed to constructively translate the detected hand gestures and Inception v3 and SVM, a vision-based ASL Translator is implemented.

There are few studies on Kazakh hand gesture recognition algorithms and methods. For instance, the work (Zholshiyeva et al., 2021: 8) proposes a CNN-based approach using advanced techniques and algorithms for hand gesture detection and recognition of Kazakh sign language. The results of the work (Kenshimov et al., 2021: 15) with updated 31 Kazakh gestures showed that the SVM, Random Forest and Extreme Gradient Boosting algorithms are superior in real-time performance, and the accuracy of the classification algorithms was, 98.68 % for Support Vector Machine, 98.86% for Random Forest and 98.54% for Extreme Gradient Boosting. The presented research work.

The research projects in Kazakh sign language translation systems not enough to complete whole presentation of KazSL. Duo to achieving of the goals of the paper is possible to use of machine learning methods.

### *Support Vector Machine (SVM)*

Predictor algorithms used for sign language recognition are k-nearest neighbor (KNN), artificial neural network (ANN), support vector machine (SVM), hidden Markov model (HMM), convolutional neural network (CNN), fuzzy logic, and ensemble learning.

SVM is some of the simplest and arguably the most elegant method for classification. It takes the input and classifies them into different classes. SVM training algorithm builds a model to classify them into categories.

Each object is presented as a point in an n-dimensional space and the coordinates of this point are called the features. SVM perform the classification test by drawing a hyperplane that is a line in 2D or a plane 3D. SVM tries to find one that best separates the two categories in the sense that it maximizes the distance to points in either category. This distance is called the margin and that points that fall exactly on the margin are called the support vectors. To find this hyperplane the SVM requires a training dataset.

Classification is performed in SVM by differentiating two or more classes of data. This is done by determining the optimal hyperplane that separates all categories. When it is impossible to find a unique way to separate two classes in the input space, the classification can be performed using the kernel trick (figure 2).

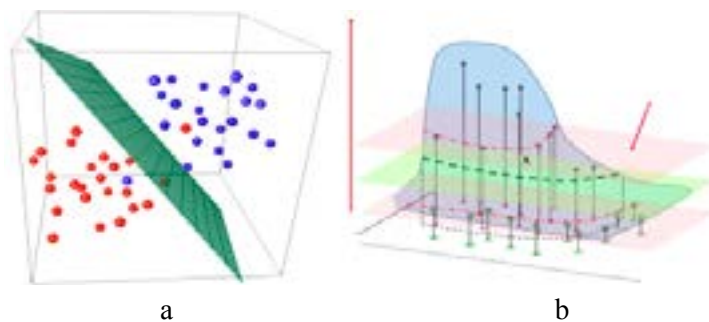


Fig. 2. Hyperplanes that separates all categories

SVM finds the best hyperplane by solving an optimization problem that attempts to increase the distance of the hyperplane from the classes while simultaneously trying to ensure the correct classification of many training examples. It is controlled by parameter  $C$ . When the value of  $C$  is small, a hyperplane with a large margin is selected at the expense of classifications that are more erroneous. Conversely, when  $C$  is large, the hyperplane of the smaller field is chosen, which attempts to correctly classify many more examples.

- Realization of SVM:
- Preparation of dataset.
- Feeding data to the fit function.

Calling predict to assign the correct category to a new object.

The biggest advantages of SVM is that it is easy to understand, implement use and interpret. Furthermore, the SVM classifier can be show high accuracy, works well with a large space and very little memory is used as a result.

## Results

### Proposed algorithm

The proposed algorithm uses dataset that is collected from live-stream images that taken with camera in real time for testing and solving fundamental problems. The details of the proposed algorithm are shown in Figure 3.

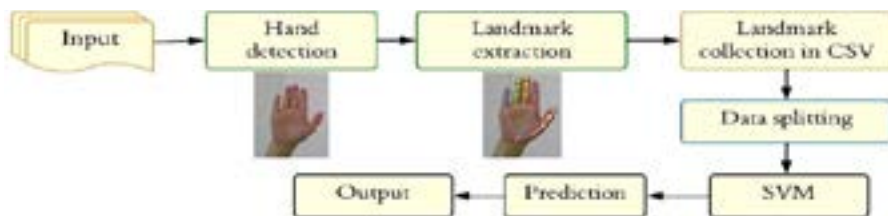


Fig. 3. Proposed algorithm

**Dataset creation**

MediaPipe Hands is a high-fidelity hand and finger tracking solution and it is used for creation of dataset. MediaPipe Hands (Lugaresi et al., 2019: 9) uses an ML pipeline consisting of several models that work together: a palm detection model that operates on the full image and returns a focused frame hand-bounding box. A hand orientation model that works with the cropped area of the image detected by the palm detector and returns high-quality 21 3D key points of the hand. Extracted key points are generated from the coordinates x, y, z (Zholshiyeva et al., 2022: 4).

At first is created the folders to save 42 classes of 42 Kazakh dactyl alphabet. After reading the 100 images for each class from the webcam, they are saved in the corresponding folders of each class (figure 4). After having the image, the Media Pipe is used to run through the dataset images to get the landmark of hand. Then read through each image in folder, then folder name of the label of that layer and function process each image to produce 21 landmark. At the end store data points and a dataset.csv file.



Fig. 4. Created dataset

**Class detection**

After data creating is proceed the recognition process. The dataset splits into train/test parts with ratio 80/20. SVM classifier is applied to recognize of KazSL as shown in figure 5.





Fig. 5. Detection of 42 classes

*Quantitative analysis of the algorithm*

To estimate the quality of proposed algorithm and for analyze the results for each data, precision, recall, f1-score, and accuracy are used.

To do measure the accuracy of model is to count of number of right answers and to express it as a portion of all the answers that are given. Accuracy given by the number of true positives and true negatives over the entire prediction set. Precision describes how accurate proposed model is of predicted positives, how many of them are actually positive.

Precision is a measure of how is guessed the label that is interested in positive case and is it calculated by dividing the number of correct positive by the entire positives.

Recall is like to precision, but it is different in that it takes the negative case. Recall is the metric model we will choose when there is a high cost associated with false negatives.

F1-score is defined to be harmonic mean between precision and recall. In addition, it asks how well the quality of predictions and how completely is predicted the labels from the dataset.

Table 1 shows the values of precision, recall and f1-score for each class, where all average are 99%.

Table 1 – Metrics for evaluating the quality

	precision	recall	f1-score
A	1.00	1.00	1.00
AE	1.00	1.00	1.00
B	1.00	1.00	1.00
C	1.00	1.00	1.00
CC	1.00	1.00	1.00
CH	1.00	1.00	1.00
D	1.00	1.00	1.00
E	1.00	1.00	1.00
EE	1.00	1.00	1.00
F	1.00	1.00	1.00
G	1.00	1.00	1.00
GG	0.71	1.00	0.83
I	1.00	1.00	1.00
II	1.00	0.92	0.96
III	1.00	1.00	1.00
IO	1.00	1.00	1.00
J	1.00	1.00	1.00
JI	1.00	1.00	1.00
JU	1.00	1.00	1.00
K	1.00	0.99	0.99
KK	1.00	0.91	0.95
L	1.00	1.00	1.00
M	1.00	1.00	1.00
N	1.00	1.00	1.00
NN	1.00	1.00	1.00
O	1.00	1.00	1.00
OO	1.00	1.00	1.00
P	1.00	1.00	1.00
R	1.00	1.00	1.00
SH	1.00	1.00	1.00
SHS	1.00	1.00	1.00
T	1.00	1.00	1.00
U	1.00	0.98	0.99
UI	1.00	1.00	1.00
UU	1.00	1.00	1.00
V	1.00	1.00	1.00
X	1.00	1.00	1.00
Y	1.00	1.00	1.00
YA	1.00	1.00	1.00
YU	1.00	1.00	1.00
Z	1.00	0.82	0.90

H	1.00	1.00	1.00
accuracy			0.99
macro avg	0.99	0.99	0.99
weighted avg	0.99	0.99	0.99

A confusion matrix is used to describe the performance of a classification model (fig. 6). It is analyzed to better understand the types of errors allowed by the classifier. Based on the confusion matrix, it is noted that SVM made some mistakes for dynamic signs, such as “K”, “K”, “F” and “3”.

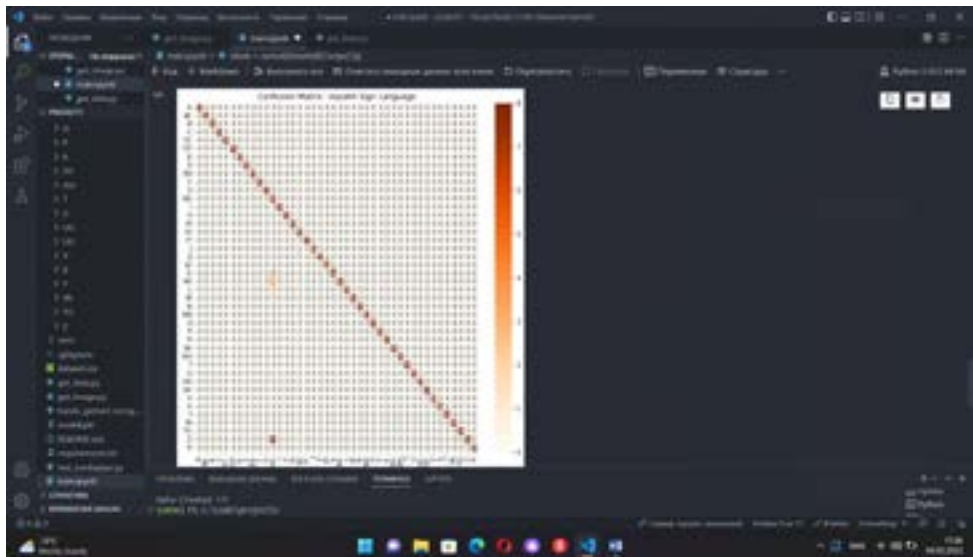


Fig. 6. Confusion matrix of Kazakh Sign language

**Discussion**

A real-time recognition model of the Kazakh dactyl sign language, consisting of a 42 dactyl alphabet presented in the paper are focused on real-time processing speed and get high percentage of recognition accuracy using machine learning methods. Results show that the algorithm SVM is was 99% accuracy. The SVM algorithm was also used in other researches (Bayegizova et al., 2022: 7; Tharwat et al., 2015: 22; Jin et al., 2016: 6; Joshi et al., 2020: 10; Barbhuiya et al., 2021: 19; Sharma et al., 2021: 12) to recognition several sign languages. The authors (Kenshimov et al., 2021:15) was compare three machine learning algorithms and was performed the average accuracy of the SVM algorithm with 98.68% correct recognition for 31 Kazakh dactyl alphabet. Our real-time recognition was performed by 42 Kazakh dactyl alphabet and get higher percentage of recognition accuracy with SVM. Moreover, real-time execution speed of SVM was a high indicator.

The percentage of dynamic gestures recognition was lower than static gestures.

According to the dictionary for hearing-impaired citizens in Kazakhstan (Ergaliyeva et al., 2005: 401) and KRSL-Online School dataset (Mukushev et al., 2022: 5), that is actual next deep research and automatization of dynamic gestures of Kazakh sign language.

### **Conclusion**

In this research, the Kazakh sign language recognition model based on SVM is presented. The dataset of more than 4200 images with 42 classes are formed and Framework Media Pipe is used to get landmarks for dataset acquisition.

The result shows that the accuracy of the proposed model improves to 99%. Although, the dataset is not large enough, but results were accurate. However, the dynamic gestures recognition is lower than static gestures.

In the future, the research can be extended by introducing static, dynamic Kazakh gestures detection in real time using neural networks to increase the efficiency of calculations.

### **REFERENCES**

Adeyanjua I.A., Bello O.O., Adegboyea M.A., 2021 — *Adeyanjua I.A., Bello O.O., Adegboyea M.A.* Machine learning methods for sign language recognition: A critical review and analysis. *Intelligent systems with applications*. 12. 200056, <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2021.200056> (in Eng.).

Alzohairi R., Alghonaim R., Alshehri W., Aloqeely S., Alzaidan M. and Bchir O., 2021 — *Alzohairi R., Alghonaim R., Alshehri W., Aloqeely S., Alzaidan M. and Bchir O.* Image based arabic sign language recognition system. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 9(3) (in Eng.).

Barbhuiya A.A., Karsh R.K. & Jain R., 2021 — *Barbhuiya A.A., Karsh R.K. & Jain R.* CNN based feature extraction and classification for sign language. *Multimedia Tools and Applications*, 80(2). 3051– 3069. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09829-y>. (in Eng.).

Bayegizova A., Murzabekova G., Ismailova A., Aitimova U., Mukhanova A., Beldeubayeva Z., Ainagulova A., Naizagarayeva A., 2022 — *Bayegizova A., Murzabekova G., Ismailova A., Aitimova U., Mukhanova A., Beldeubayeva Z., Ainagulova A., Naizagarayeva A.* Effectiveness of the use of algorithms and methods of artificial technologies for sign language recognition for people with disabilities. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 4 (2 (118)). 25–31. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.26250> (in Eng.).

Cheok M.J., Omar Z. & Jaward M.H., 2019 — *Cheok M.J., Omar Z. & Jaward M.H.* A review of hand gesture and sign language recognition techniques. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*. 10(1). 131–153. <https://doi.org/10.1007/s13042-017-0705-5> (in Eng.).

Ergaliyeva A., Kanagatova A., 2005 — *Ergaliyeva A., Kanagatova A.* The world of gestures. *Dictionary for hearing-impaired citizens in Kazakhstan*. Almaty, “Umit”, 2005. –401 pages. ISBN 9965-9619-0-5 [Kol kozgalys alemi. Kazakhstandagy kabileti shekteuli adamdarga arnalgan sozdik] (in Kaz.).

Jin C.M., Omar Z. & Jaward M.H., 2016 — *Jin C.M., Omar Z. & Jaward M.H.* A mobile application of American Sign Language translation via image processing algorithms. In *Proceedings of the 2016 IEEE region 10 symposium. TENSYPMP*, 2016. Pp. 104–109. <https://doi.org/10.1109/TENCONSpring.2016.7519386> (in Eng.).

Joshi G., Singh S. & Vig R., 2020 — *Joshi G., Singh S. & Vig R.* Taguchi-TOPSIS based HOG parameter selection for complex background sign language recognition. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 71. Article 102834. <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2020.102834> (in Eng.).

Kenshimov C., Buribayev Z., Amirgaliyev Y., Ataniyazova A., Aitimov A., 2021 — *Kenshimov*

C., Buribayev Z., Amirgaliyev Y., Ataniyazova A., Aitimov A. Sign language dactyl recognition based on machine learning algorithms. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (2 (112)). 58–72. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239253> (in Eng.).

Lugaresi C., Tang J., Nash H., McClanahan C., Uboweja E., Hays M., Zhang F., Chang C.-L., Yong M.G., Lee J., Chang W.-T., Hua W., Georg M., Grundmann M., 2019 — *Lugaresi C., Tang J., Nash H., McClanahan C., Uboweja E., Hays M., Zhang F., Chang C.-L., Yong M.G., Lee J., Chang W.-T., Hua W., Georg M., Grundmann M.* Mediapipe: a framework for building perception pipelines, arXiv preprint arXiv:1906.08172 (in Eng.).

Mukushev M., Kydyrbekova A., Kimmelman V., Sandygulova A., 2022 — *Mukushev M., Kydyrbekova A., Kimmelman V., Sandygulova A.* Towards Large Vocabulary Kazakh-Russian Sign Language Dataset: KRSL-OnlineSchool, Proceedings of the 10th Workshop on the Representation and Processing of Sign Languages (sign-lang@LREC 2022). Pp. 154–158 (in Eng.).

Sharma A., Badal T., Gupta A., Gupta A. & Anand A., 2021 — *Sharma A., Badal T., Gupta A., Gupta A. & Anand A.* An intelligent sign communication machine for people impaired with hearing and speaking abilities. *Communications in Computer and Information Science*, 1367. 75–86. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-0401-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-981-16-0401-0_6) (in Eng.).

Tharwat A., Gaber T., Hassanien A.E., Shahin M.K. & Refaat B., 2015 — *Tharwat A., Gaber T., Hassanien A.E., Shahin M.K. & Refaat B.* Siftbased arabic sign language recognition system. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 334. 359–370. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-13572-430> (in Eng.).

Zholshiyeva L., Zhukabayeva T., Turaev Sh., Berdiyeva M., Jambulova D., 2021 — *Zholshiyeva L., Zhukabayeva T., Turaev Sh., Berdiyeva M., Jambulova D.* Hand Gesture Recognition Methods and Applications: A Literature Survey,” ICEMIS’21: The 7th International Conference on Engineering & MIS 2021, October 2021, Article No.: 11. Pp 1–8. <https://doi.org/10.1145/3492547.3492578>. (in Eng.).

Zholshiyeva L., Zhukabayeva T., Turaev Sh., Berdiyeva M., Sengirbaeva R., 2022 — *Zholshiyeva L., Zhukabayeva T., Turaev Sh., Berdiyeva M., Sengirbaeva R.* A Real-Time Approach to Recognition of Kazakh Sign Language. 2022 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Nur-Sultan, Kazakhstan. 28–30 April. (in Eng.).

NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES  
ISSN 1991-346X  
Volume 1, Number 345 (2023), 94-106  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.171>

УДК 004  
МРНТИ 20.15.00

© **Zh.S. Ixsebayeva**<sup>1</sup>, **K. Jetpisov**<sup>2</sup>, **A.B. Medeshova**<sup>1</sup>, **I.M. Bapiyev**<sup>3</sup>,  
**Zh.Zh. Bagisov**<sup>1</sup>, 2023

<sup>1</sup>Makhambet Utemisov West Kazakhstan University, Uralsk, Kazakhstan;

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

<sup>3</sup>Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical university,  
Uralsk, Kazakhstan.

E-mail: [iksebaeva@mail.ru](mailto:iksebaeva@mail.ru)

## AN INFORMATION SYSTEM FOR THE PREPARATION OF APPLICATIONS FOR PARTICIPATION IN GRANT FUNDING OF SCIENTISTS IN SCIENTIFIC PROJECTS

**Zhanna Ixsebayeva** — senior lecturer, master's degree. Makhambet Utemisov West Kazakhstan University. 090000. Uralsk, Kazakhstan.

E-mail: [iksebaeva@mail.ru](mailto:iksebaeva@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-2619-4870>;

**Kabylda Jetpisov** — Candidate of Physical and Mathematical Sciences. Associate Professor. L.N. Gumilyov Eurasian national university. 010000. Astana, Kazakhstan.

E-mail: [jetpisov\\_K54@mail.ru](mailto:jetpisov_K54@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3322-243>;

**Aigul Medeshova** — Candidate of Pedagogical Sciences. Associate professor. Makhambet Utemisov West Kazakhstan University. 090000. Uralsk, Kazakhstan.

E-mail: [medeshovaa@mail.ru](mailto:medeshovaa@mail.ru), <https://orcid.org/0000-00022722-7219>;

**Ideyat Bapiyev** — Doctor of PhD. Associate professor. Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical university. 090000. Uralsk, Kazakhstan.

E-mail: [bapiyev@mail.ru](mailto:bapiyev@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8468-8938>;

**Zhenis Bagisov** — Doctor of DBA. Senior lecturer. Makhambet Utemisov West Kazakhstan University. 090000. Uralsk, Kazakhstan.

E-mail: [bag\\_8585@mail.ru](mailto:bag_8585@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8084-1234>.

**Abstract.** One of the factors of development in the research direction is the activity of university staff and teachers in participating in grant funding competitions. The high activity of researchers in this direction will allow the implementation of new projects, which, in turn, will contribute to attracting additional funding to the university, obtaining significant research results. Applications for participation in grant funding competitions are submitted according to the announced competitions for their holding. According to the terms of the tender documentation for grant

financing, applications submitted must meet a number of requirements. The article is devoted to developing an information system designed to record applications submitted by the faculty and staff of the university for participation in grant funding, as well as assisting in the design of the application and preparation of tender documentation. The authors offered innovative approaches to automate the process of checking applications to find errors. Based on the application's verification results, recommendations or errors to modify the application to increase its level are being constructed. This task has relevance, as it affects the development of scientific activities of the university. The developed software solutions and the results of their successful integration with the information management system of the university offered. In addition to checking applications, the developed system allows for collecting statistical data on submitting applications to universities in general and individual units.

**Keywords:** information system, information technology, research projects, verification rules, database, application registration

© Ж.С. Иксебаева<sup>1</sup>, К. Жетписов<sup>2</sup>, А.Б. Медешова<sup>1</sup>, И.М. Бапиев<sup>3</sup>,  
Ж.Ж. Багисов<sup>1</sup>, 2023

<sup>1</sup>М. Өтемісов атындағы Батыс-Қазақстан университеті, Орал, Қазақстан;

<sup>2</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық Ұлттық университеті,  
Астана, Қазақстан;

<sup>3</sup>Жәңгір хан атындағы Батыс-Қазақстан аграрлық-техникалық университеті,  
Орал, Қазақстан.

E-mail: iksebaeva@mail.ru

## ҒАЛЫМДАРДЫҢ ҒЫЛЫМИ ЖОБАЛАР БОЙЫНША ГРАНТТЫҚ ҚАРЖЫЛАНДЫРУҒА ҚАТЫСУҒА ӨТІНІМДЕРІН ДАЙЫНДАУДЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІ

**Иксебаева Жанна Сагинтаевна** — аға оқытушы, магистр. М. Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті. 090000. Орал, Қазақстан.

E-mail: iksebaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2619-4870>;

**Жетписов Кабылда** — ф.-м.ғ.к., доцент. Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ. 010000. Астана, Қазақстан.

E-mail: jetpisov\_K54@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3322-243>;

**Медешова Айгүль Бактығалиевна** — п.ғ.к., доцент. М. Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті. 090000. Орал, Қазақстан.

E-mail: medeshovaa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2722-7219>;

**Бапиев Идият Мэлсович** — PhD докторы, доцент. Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті. 090000. Орал, Қазақстан.

E-mail: bapiev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8468-8938>;

**Багисов Женис Жайлиевич** — ДВА докторы, аға оқытушы. М. Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті. 090000. Орал, Қазақстан.

E-mail: bag\_8585@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8084-1234>.

**Аннотация.** Ғылыми бағыттағы даму факторларының бірі университет қызметкерлері мен оқытушыларының гранттық қаржыландыру конкурста-

рына қатысу белсенділігі болып табылады. Зерттеушілердің бұл бағыттағы жоғары белсенділігі жаңа жобаларды жүзеге асыруға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде университеттен қосымша қаржы тартуға және маңызды ғылыми нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді. Гранттық қаржыландыру конкурстарына қатысуға өтінімдер беру оларды өткізуге жарияланған конкурстарға сәйкес жүзеге асырылады. Гранттық қаржыландыруға арналған конкурстық құжаттаманың шарттарына сәйкес берілетін өтінімдер бірқатар талаптарға сәйкес келуі тиіс. Мақала гранттық қаржыландыруға қатысу үшін ЖОО ПОҚ мен қызметкерлері беретін өтінімдерді есепке алуға, сондай-ақ өтінімді рәсімдеу және конкурстық құжаттаманы дайындауға арналған ақпараттық жүйені әзірлеу мәселелеріне арналған. Авторлар қателерді табу мақсатында өтінімдерді тексеру процесін автоматтандырудың өзіндік тәсілдерін ұсынады. Өтінімдерді тексеру нәтижелері бойынша қателерді түзету қажеттілігі немесе конкурста оның деңгейін арттыру мақсатында өтінімді өзгерту жөніндегі ұсынымдар қалыптастырылады. Бұл міндеттің өзектілігі бар, өйткені ол университеттің ғылыми қызметінің дамуына әсер етеді. Әзірленген бағдарламалық шешімдер және олардың университетті басқарудың ақпараттық жүйесімен сәтті интеграциясының нәтижелері ұсынылады. Өтінімдерді тексерумен қатар, әзірленген жүйе жалпы ЖОО-ларға және жеке бөлімшелерге өтінімдерді беру процесі туралы статистикалық деректерді жинауға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** ақпараттық жүйе, ақпараттық технологиялар, ғылыми жобалар, тексеру ережелері, деректер базасы, өтінімдерді тіркеу

© Ж.С. Иксебаева<sup>1</sup>, К. Жетписов<sup>2</sup>, А.Б. Медешова<sup>1</sup>, И.М. Бапиев<sup>3</sup>,  
Ж.Ж. Багисов<sup>1</sup>, 2023

<sup>1</sup>Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова, Уральск, Казахстан;

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

<sup>3</sup>Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана,  
Уральск, Казахстан.

E-mail: iksebaeva@mail.ru

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ ЗАЯВОК ДЛЯ УЧАСТИЯ В ГРАНТОВОМ ФИНАНСИРОВАНИИ УЧЕНЫХ ПО НАУЧНЫМ ПРОЕКТАМ**

**Иксебаева Жанна Сагинтаевна** — старший преподаватель, магистр. Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова. 090000. Уральск, Казахстан.

E-mail: iksebaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2619-4870>;

**Жетписов Кабылда** — к.ф.-м.н., доцент. Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева. 010000. Астана, Казахстан.

E-mail: jetpisov\_K54@mail.ru, <https://orcid.org/0000-00033322-243>;



**Медешова Айгуль Бактыгалиевна** — к.п.н., доцент. Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова. 090000. Уральск, Казахстан.

E-mail: medeshovaa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-00022722-7219>;

**Бапиев Идият Мэлсович** — доктор PhD, доцент. Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана. 090000. Уральск, Казахстан.

E-mail: bapiev@mail.ru, <https://orcid.org/00000001-8468-8938>;

**Багисов Женис Жайлиевич** — доктор ДВА, старший преподаватель. Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова. 090000. Уральск, Казахстан.

E-mail: bag\_8585@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8084-1234>.

**Аннотация.** Одним из факторов развития в научно-исследовательском направлении является активность сотрудников и преподавателей вузов в участии конкурсах грантового финансирования. Высокая активность исследователей в этом направлении позволит реализовать новые проекты, что, в свою очередь, будет способствовать привлечению дополнительного финансирования университета, получению значимых результатов исследования. Подача заявок на участие в конкурсах грантового финансирования осуществляется согласно объявленным конкурсам на их проведение. Согласно условиям конкурсной документации на грантовое финансирование, подаваемые заявки должны соответствовать ряду требований. Статья посвящена вопросам разработки информационной системы, которая предназначена для учета заявок, подаваемых ППС и сотрудниками вуза для участия в грантовом финансировании, а также помощи при оформлении заявки и подготовки конкурсной документации. Авторы предлагают оригинальные подходы по автоматизации процесса проверок заявок с целью нахождения ошибок. По результатам проверки заявок формируются необходимость исправления ошибок или рекомендации по изменению заявки с целью повышения ее уровня в конкурсе. Данная задача имеет актуальность, так как влияет на развитие научной деятельности университета. Предлагаются разработанные программные решения и результаты их успешной интеграции с информационной системой управления вузом. Помимо проверки заявок, разработанная система также позволяет собирать статистические данные о процессе подачи заявок в вузы в целом и в отдельных подразделениях.

**Ключевые слова:** информационная система, информационные технологии, научные проекты, правила проверки, база данных, регистрация заявок

## Introduction

The purpose of evaluating the activities of teachers is to stimulate the growth of qualifications, professionalism, effectiveness of pedagogical and scientific work, the development of creative initiative of teachers. The evaluation results are the information of the educational institution and can be used as a basis for determining the validity of the contract, material and moral encouragement of teachers and the development of measures to improve the quality of training specialists.

If a teacher's performance evaluation system contains a small number of obvious and generally accepted evaluation parameters, regardless of subjective factors, then

it can be considered optimal if it is relatively simple and understandable for the teacher's activity, if it provides an adequate assessment of the teacher's activity. It is known that the activity of a teacher covers such types of work as teaching, research, organizational and educational. Accordingly, the evaluation of the teacher's work should be carried out taking into account the quality indicators of each type of work.

The effectiveness of implementing scientific activity processes determines the quality of solving such problems as search and provision of access to research papers. Providing timely information about scientific events and participation planning ensures the opportunity to publish the research results in high-ranking publications. The involvement of the teaching and research staff in this direction allows the opportunity to implement new projects that contribute to attracting additional funding to the university and obtaining significant scientific results. The realisation of the scientific interests of the teaching staff through grant funding is very relevant.

When the teaching staff and researchers are informed about new competitions, it is necessary to organise business processes and deliver pieces of advice to them when completing the application. Therefore, it is essential to increase the number of university applications submitted and ensure their quality content—the solution to this issue by information technology in the organisation of application processes. The use of IT will allow users to organize assistance in decision-making. Thus, the transfer of Kazakh science to new principles of financing, which are associated with the development of the grant system, requires new forms of information work.

#### Literature Review

The development process of most software products sooner or later leads to implementing mechanisms for adding, storing and retrieving information for subsequent processing. The optimal information retrieval path is one of the critical problems in computer science. The leading solution to this problem is a variety of database systems perfectly cope with these tasks at the software level. However, if in the system's functionality, there is a need to work directly with the user's query, often consisting of several criteria, the processing of the results ultimately falls on the shoulders of the user (Silva et al., 2021). In such a situation, the problem of creating a conceptual model of automatic verification of technical documentation that optimally meets the needs of users becomes particularly relevant.

In their work, the authors (Sonia Bergamaschi, 2016) consider solving the problem of keyword searching in relational data by transforming keyword queries into one or more SQL queries to run a relational DBMS. Finding such questions is challenging because the modelled information can be in different tables and attributes. It means identifying the schema elements where the data of interest are stored and discovering how these elements are interrelated. The authors have divided the problem into three stages: the first considers what the user has in mind when formulating keyword queries, and the second is how the data represents in the database schema. Finally, the third stage combines the two processes.

It noted that ontologically controlled information systems today are one of the most significant branches of the development of intelligent information systems. Construction features of their have a close relationship with the development of the theory and design bases of automatic text checking models, as well as to develop of theoretical foundations and design methodology, including the formal approach, fundamental principles and mechanisms, generalised architecture and system structure, the standard model and design methodology of the subject area ontology, formal model of knowledge representation, generalised algorithms of knowledge processing procedures, etc. (Palagin and Petrenko, 2008). It is vital to create an automatic system for checking technical documentation. In this context, a comprehensive formulation of specific problems should increase the value of automated text checking programs and facilitate the search for their solutions.

According to (Panos Constantinides, 2018), cutting-edge research in information systems, strategic management, and economics has deepened our understanding of platforms and infrastructures in the digital age over the past few years.

The results of scientific work come in different forms, arise at different stages of the research process and are determined by various concepts associated with them. Firstly, these are the stages of research at which they are produced. There are several stages: from the search for information to the dissemination of results.

In each of them, the researcher conducts activities aimed at achieving the result. Secondly, the research results themselves come in various forms: from traditional articles to data sets obtained from experiments or the researcher's knowledge underlying hypotheses. They can be divided into content, data and information. Thirdly, a number of tools are used to obtain results, which can be classified according to the result provided by them.

Fourth, another level of accessibility can be achieved to the results, consisting of the degree of openness to the scientific community and integration into existing systems of organizing research information. The study for the first time offers an information model of the results of the study, combining the considered characteristics. This material can be useful for organizing research work, especially at the level of managers and heads of research groups (Begler, 2017).

As such, a review of the available literature on the topic allows us to conclude that the transition of Kazakh science to new funding principles associated with developing the grant system requires new forms of informational work.

### **Materials and methods**

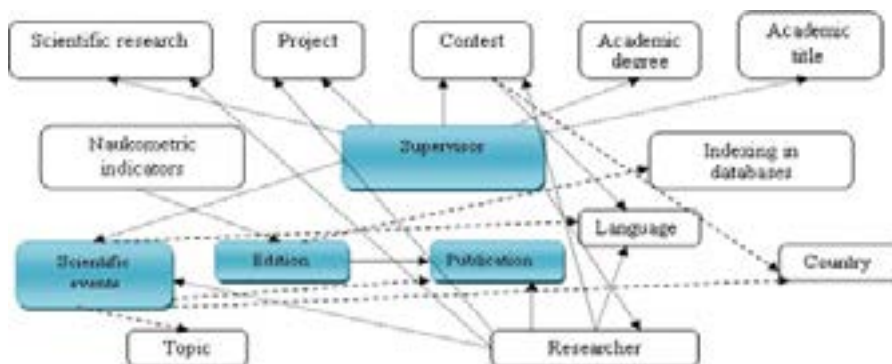
Figure 1 presents an information model which analyses the process of implementing the scientific activities of researchers (undergraduates, doctoral students) and university teachers. This model describes the methods of interaction between the participants and the results of their scientific activity in the university's information system. The analysis of the model and the subject area allowed us to identify the main problem areas related to decision-making and the search for relevant information:

- Selection of the supervisor or students, taking into account scientific interests;
- Selection of periodicals for publication of scientific results;
- Selection of scientific events for participation;
- Selection of competitions, grants for research funding (Popova, 2013);
- Search for significant publications on a given topic.

The following vital objects distinguish the built model:

- Supervisors and researchers - users of the information system;
- Scientific events - conferences, seminars, round tables, etc.;
- Publications in periodicals;
- Publications (periodicals).

The methods of frequency analysis and information technology make it possible to analyse the links between the scientific interests of the participants, ongoing research, relevant grant funding competitions and events. According to the analysis results, recommendations are created to solve the tasks. As the presented model shows, the leading information objects considered in this article connect through keywords, which form the object's profile or the so-called «area of scientific interest».



*Fig. 1. Information model of the scientific activity implementation process*

The proposed approach allows for forming a scientific user profile of the information system. Completeness of profile information depends on the accuracy of recommendations, therefore — effectiveness of the development of the scientific activity of the university. When analysing the data, it is necessary to prioritise those or other scientific interests properly. The solution to this problem has its features since the formation of the profile uses many sources of information.

**Results**

The researcher's Automated Information System (AIS) develops to assist researchers and research staff in submitting applications for competitions and projects. This AIS makes it possible to perform the initial processing of applications and the preparation of data and documents.

Using information technology, namely the development of an automated system

of verification of documents, will check the frequently occurring errors, which will improve the quality of applications. It is necessary to develop algorithms for automating processes, use the experience of practical work in creating decision support systems and practice their implementation in the education field.

Currently, in Kazakhstan does exist a system via applications for participation in various competitions held by JSC «National Center of Science and Technology Evaluation» (JSC «NCSTE»). Applications develop by completing interactive forms on the website. The most frequently asked questions and answers, instructions, submission of applications from individuals and legal entities, and forums are published by the site where the competitive documentation is placed [<https://is.ncste.kz/login>].

These application systems allow users to avoid basic mistakes when completing online forms and check all sections filled with information. There are some difficulties and inconveniences in filling the project data on the website of JSC «NCSTE» (Table 1).

Table 1. Disadvantages when filling out the application

№	Name of sections	
1	Basic information	The list of publications filled in the profile does not automatically transfer. The rubric must correspond to the profile If there is no foreign partner, you cannot put a "-" sign
2	Calculation of requested funding	Total amount only when clicking on data for years 1, 2, 3 Funding for business trips is counted only per person No export of data to Excel The plan is not exported Cannotsave data for each item individually
3	Research Group	-
4	Required documents for participation in the competition	-
5	Abstract	1. You need to add a save button for each field separately

Based on existing research analyses, organisation of information systems training and decision-making assistance and the application process through the NCSTE AIS — approaches developed to facilitate checking applications process and identifying the most typical errors in their compilation through information technology. The main idea of the used approaches is the researcher registers the application in the AIS by completing a card with the basic information. When saving the card, the system checks have the main areas filled correctly and, if necessary, prompts an error message and offers changes or recommendations to improve the application's competitiveness. Monitoring the correctness of the information is conducted with the methods of data integrity control in information systems. For each case, different verification rules follow the conditions of the tender documentation.

## **Discussion**

In the scope of this work, the following information characteristics provide to determine the verification rules:

- Name. The name of the validation rule.
- The type of rule verification. It could take two values: restriction or recommendation. If a rule with the restriction type violates, the system will display a message and will not allow the application to save the card until the user changes it to execute the verification rule. In another case, the system will display a message about the recommendation to change the application, and the final decision will remain with the user.
- Validation condition. It is set with the SQL language and returns two possible values of boolean type: true and false.
- Description. A detailed description of the test rule.
- Warning. If the rule violates, a message will display to a user.
- Contest. Information about the contest rule.

The choice of the SQL language sets the conditions for checking because, as a DBMS, the ORACLE DATABASE uses. Therefore, SQL queries will be convenient to check the fields of the application card and access the data of other entities used as reference information. For example, check participants' age, scientific degrees, and positions.

Approximately ten rules have been formed for checking applications. These rules are collected based on the competitive documentation on grant financing of scientists on scientific and scientific-technical projects of the Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan. Table 2 provides examples of several screening rules. This table will be supplemented with additional restrictions and recommendations by the tender documentation in the future.

*Table 2.* Restrictions and recommendations in accordance with the tender documentation

Contest	Name of the rule	Type	Description	Message
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN	Checking overlap by executors within a lot	Restriction	According to the requirements of the tender documentation item 5 [5], an individual has the right to participate: as a scientific supervisor - not more than 1 (one) project, and as a team member - not more than 1 (one) project	The employee is already participating in this lot as a leader of another project; The employee is already participating in another bid for this competition.

			as a team member, not being a scientific supervisor - not more than in 1 (one) project	
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN	Checking for the number of keywords	Restriction	According to the requirements of the tender documents, there are not more than 15 terms	No more than 15 terms are listed
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN	IRSTI (Interstate Rubricator Of Scientific And Technical Information) code	Recommendation	There are no more than 5 codes	No more than 5 IRSTI codes are given
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN	Verification of the research group of the project for the number of people	Restriction	According to the requirements of the tender documentation, the total number of members of the research team of the project, including the project manager - not more than seven (7) people	The total number of members of the research group of the project, including the project manager - not more than 7 (seven) people

Fig. 2. shows the application registration process in the AIS system.

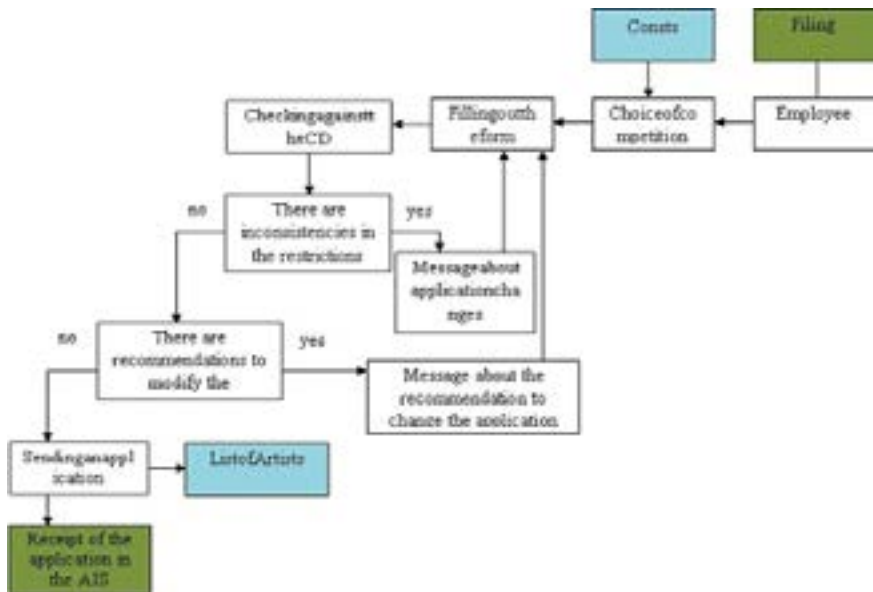


Fig. 2. Registration of an application in the AIS system

The first step is selecting the necessary contest. The user only has access to the current competition, and the second step requires filling fields in the form. The next step is performing an automatic checking process of information according to the requirements of the tender documentation. In the fourth step, a message about needing to change the application if there are violations of restrictions or errors in the form displays. In this case, information is not to be saved by the system, and the user proceeds to edit the form to the second step. If there are no errors and violations, the customer moves to the next step. The following stage is performing data analysis and offering recommendations for modifying the application to improve it. The appropriate suggestion is presented to the user when the system forms the recommendations.

Consequently, the user can proceed to the editing of the request or reject the offers and save the application in this form. In the sixth step, the data comes into the AIS database. In the last stage, the user needs to print an application appendix with a list of performers from the system after sending the application. This document will have a unique code. This stage is necessary that all changes in the application made by staff members are recorded in the system and permit directly finding the application using a unique code.

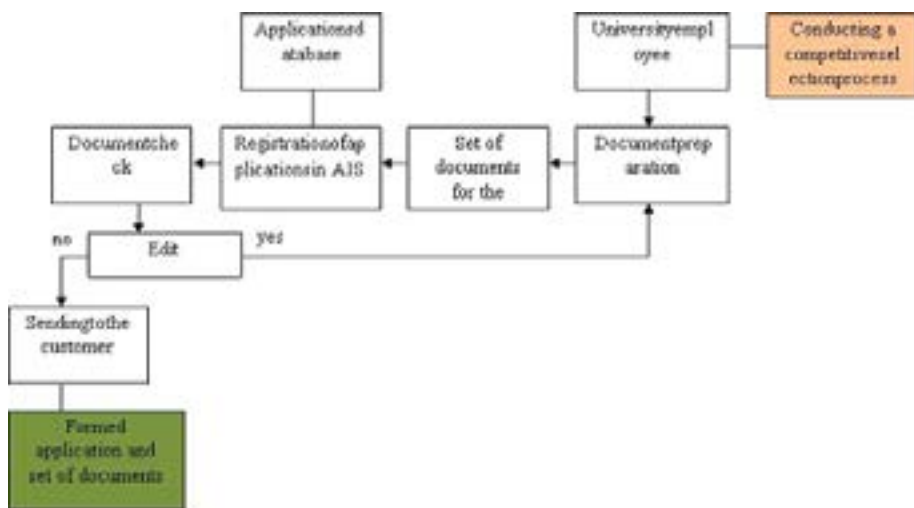


Fig. 3. Scheme of the process of preparation of application documents

The proposed method of verification of applications has been implemented in the subsystem of applications accounting. Figure 3 shows the general scheme of preparation and reviews of the provision of documents on the application, and Figure 4 presents an example of work with the application.



Карточка заявки - карта заявки

Статус заявки:

Карточка заявки

Номер заявки: 13  
 Номер заявки в системе заказчика: 16-04-23-05

Конкурс/Лот: Грантовое финансирование ученых по научным и научно-техническим проектам  
 Наименование проекта: Организация рап1-типа обучения в условиях открытого образовательного пространства

Руководитель проекта: (81474) Медведова Айгуль Бектубалиевна, в.п.н., доцент, ЗСУ им.М.Утемисова

Ответственный исполнитель:

Контактные данные:  
 Кабинет / отдел: (81474) Кабинет информатики ЗСУ им.М.Утемисова  
 Телефон: +78143081474  
 E-mail: medvedovaa@mail.ru

Министр: (1415) Орган  
 Заказчик: ЗСУ им.М.Утемисова  
 Направление развития РК:

Исполнители:  
 (10187) Еусеница Д.Н., магистр пед.наук, старший преподаватель кафедры информатики  
 (10998) Талкабылова Д.Ж., магистр тех.наук, старший преподаватель кафедры информатики

Год: 2023

Fig. 4. Example of working with an application

## Conclusions

When checking the application card, a violation of the rule with the type of restriction was detected. According to the check results, the user is informed that two performers are participating in another application in the same competition, which is unacceptable based on the terms of the tender documentation. The proposed method of automatic verification of the card and the data model allows for further system development to improve the quality of submitted applications. The developed information system has been implemented and is functioning successfully. In addition to the initial processing of applications, it also allows the staff of the scientific department to receive information about the application process, collect information for internal use and provide it to other organisations, if necessary. It also planned to create a training system for preparing «highquality» and «competitive» applications for participation in various competitions. This system makes it easier for employees to fill out an application and for specialists to check it.

## REFERENCES

- Konkursnaya dokumentaciya na grantovoe finansirovanie po nauchnym i (ili) nauchno-tekhnicheskim projektam na 2020–2022 gody <https://is.ncste.kz/competition/index>.
- Popova I.A., Gromov G.Y., 2013 — *Popova I.A., Gromov G.Y. Approaches to creating an effective information system for university management // All-Russian scientific-methodical conference «Telematics - 2013»*. SPb, 2013.
- Varenikov D.A., Shlej M.D., Muromcev D.I., 2015 — *Postroe nienauchnyh profilej uchastnikov nauchno obrazovatel'nogo processa v informacionnoj sisteme universiteta // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya 2015. No.2-2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23109>*.

Kolyada A.S., Gogunsky V.D., 2013 — *Kolyada A.S., Gogunsky V.D.* Automation of information extraction from scientometric databases // Management of folding systems. 2013. № 16. C. 96–99.

Sonia Bergamaschia, Francesco Guerraa, Matteo Interlandib, Raquel Trillo-Ladoc, Yannis Velegrakisd, 2016 — *Sonia Bergamaschia, Francesco Guerraa, Matteo Interlandib, Raquel Trillo-Ladoc, Yannis Velegrakisd.* Combining user and database perspective for solving keyword queries over relational databases//Information Systems. Volume 55. January 2016. Pp. 1–19.

Palagin A.V., Petrenko N.G. 2008. — *Palagin A.V., Petrenko N.G.* On the design of an ontologically controlled information system with the processing of natural language objects. *Mathematical Machines and Systems*, 2. 14–23.

Panos Constantinides, Ola Henfridsson, Geoffrey G. Parker. Introduction, 2017 — *Panos Constantinides, Ola Henfridsson, Geoffrey G. Parker. Introduction.* Platforms and Infrastructures in the Digital Age//Published Online:21 May 2018. <https://doi.org/10.1287/isre.2018.0794>. Begler A.M. Information model of the results of scientific research / A.M. Begler // Design ontology. – 2017. – Vol. 7. No. 2(24). - Pp. 160–171. – DOI:10.18287/2223-9537-2017-7-2-160-171.

NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES  
ISSN 1991-346X  
Volume 1, Number 345 (2023), 107-120  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.172>

UDC 20.23.25

© **A. Imanberdi\***, **R. Moldasheva**<sup>2</sup>, 2023

Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan;

<sup>2</sup>S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: [asel\\_khas@list.ru](mailto:asel_khas@list.ru)

## REVIEW OF MODELS OF DISSEMINATION OF INFORMATION IN SOCIAL NETWORKS

**Imanberdi Assel Alibekovna** — Doctoral student of the Department of Information Systems LN Gumilyov Eurasian National University. 010000. Astana, Kazakhstan.

E-mail: [asel\\_khas@list.ru](mailto:asel_khas@list.ru), <https://orcid.org/0009-0007-8935-4954>;

**Moldasheva Raushan Nurkozhaevna** — Doctoral student of the Department of «Information Systems» S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 010000, Astana, Kazakhstan.

E-mail: [raushan85\\_07@mail.ru](mailto:raushan85_07@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4570-0487>.

**Abstract.** This article provides an overview of information dissemination models in social networks. The authors discuss various approaches to modeling the processes of information dissemination in social networks, including stochastic models, graph-based models, and models based on user behavior. The article describes the main components of the models, such as nodes (users) and the links between them, as well as the characteristics of the disseminated information, such as its format, content and target audience. Next, the authors discuss examples of specific models, such as the SIR (Susceptible-Infected-Recovered) model, which is used to model the spread of infectious diseases, as well as the IC (Independent Cascade) model, which is used to model the spread of information in social networks. In conclusion, the authors note that social media dissemination models can be used for various purposes such as identifying key social media users, predicting trends in dissemination of information, and improving marketing strategies.

**Key words:** Information dissemination models, social networks, social network analysis, user influence, content rebroadcasting (repost), viral marketing, behavioral models, statistical models, social media analytics, recommender systems, network dynamics

© А.А. Иманберді\*, Р.Н. Молдашева<sup>2</sup>, 2023

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

<sup>2</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,

Астана, Қазақстан.

E-mail: asel\_khas@list.ru

## ӘЛЕУМЕТТІК МЕДИА ТАРАТУ ҮЛГІЛЕРІНЕ ШОЛУ

**Иманберді Асель Алибековна** — докторант. Ақпараттық жүйелер кафедрасы. Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. 010000. Астана, Қазақстан.

E-mail: asel\_khas@list.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8935-4954>;

**Молдашева Раушан Нуркожаевна** — докторант. Ақпараттық жүйелер кафедрасы. С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті. 010000. Астана, Қазақстан.

E-mail: raushan85\_07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4570-0487>.

**Аннотация.** Бұл мақалада әлеуметтік желілердегі ақпаратты тарату үлгілеріне шолу жасалады. Авторлар әлеуметтік желілерде ақпаратты тарату процестерін модельдеудің әртүрлі тәсілдерін, соның ішінде стохастикалық модельдерді, графикалық модельдерді және пайдаланушы мінез-құлқына негізделген модельдерді талқылайды. Мақалада түйіндер (пайдаланушылар) және олардың арасындағы байланыстар сияқты модельдердің негізгі құрамдас бөліктері, сондай-ақ оның форматы, мазмұны және мақсатты аудиториясы сияқты таратылатын ақпараттың сипаттамалары сипатталған. Әрі қарай, авторлар жұқпалы аурулардың таралуын модельдеу үшін қолданылатын SIR (Susceptible-Infected-Recovered) моделі, сондай-ақ модельдеу үшін пайдаланылатын IC (Тәуелсіз каскад) үлгісі сияқты нақты үлгілердің мысалдарын талқылайды. Әлеуметтік желілерде ақпараттың таралуы. Қорытындылай келе, авторлар әлеуметтік желілерді тарату модельдерін әлеуметтік медианың негізгі пайдаланушыларын анықтау, ақпаратты тарату тенденцияларын болжау және маркетингтік стратегияларды жетілдіру сияқты әртүрлі мақсаттарда қолдануға болатынын атап өтеді. Түйін сөздер: әлеуметтік желі, әлеуметтік желі мониторингі, әлеуметтік әл-ауқат, пайдаланушы қабылдауын бағалау, бағдарламалық қамтамасыз ету жүйесі.

**Түйін сөздер:** Ақпаратты тарату модельдері, әлеуметтік желілер, әлеуметтік желіні талдау, пайдаланушының әсері, вирустық маркетинг, мінез-құлық үлгілері, статистикалық модельдер, әлеуметтік медиа аналитикасы

© А.А. Иманберді\*, Р.Н. Молдашева<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,  
Астана, Казахстан;

<sup>2</sup>Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина,  
Астана, Казахстан.

E-mail: asel\_khas@list.ru

## ОБЗОР МОДЕЛЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

**Иманберди Асель Алибековна** — докторант кафедры Информационных систем Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. 010000. Астана, Казахстан.

E-mail: asel\_khas@list.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8935-4954>;

**Молдашева Раушан Нуркожаевна** — докторант кафедры Информационных систем Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. 010000. Астана, Казахстан.

E-mail: raushan85\_07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4570-0487>.

**Аннотация.** Данная статья представляет обзор моделей распространения информации в социальных сетях. Авторы обсуждают различные подходы к моделированию процессов распространения информации в социальных сетях, включая стохастические модели, модели на основе графов и модели, основанные на поведении пользователей. В статье описываются основные компоненты моделей, такие как узлы (пользователи) и связи между ними, а также характеристики распространяемой информации, такие как ее формат, содержание и целевая аудитория. Далее авторы обсуждают примеры конкретных моделей, таких как модель SIR (Susceptible-Infected-Recovered), которая используется для моделирования распространения инфекционных заболеваний, а также модель IC (Independent Cascade), которая используется для моделирования распространения информации в социальных сетях. В заключение авторы отмечают, что модели распространения информации в социальных сетях могут использоваться для различных целей, таких как определение ключевых пользователей в социальных сетях, предсказание тенденций в распространении информации и улучшения маркетинговых стратегий.

**Ключевые слова:** модели распространения информации, социальные сети, анализ социальных сетей, влияние пользователей, вирусный маркетинг, поведенческие модели, статистические модели, аналитика социальных медиа

### Introduction

In the modern world, social networks are an integral part of our lives. Millions of people around the world use social networks to communicate, get information, business contacts and much more. However, in addition to simple communication, social networks are a huge source of information that can spread with great speed among users.

Studying the processes of dissemination of information in social networks is essential to understand how information is distributed in society, how it affects the opinions and behavior of people, and how it can be used in various fields such as marketing, politics, etc (Timofeev et al., 2019: 119; Gribanova, 2018: 66).

To understand the processes of information dissemination in social networks, various mathematical models have been developed that allow us to analyze the processes of information transmission in networks. One such model is the SIR model, which is used to study the spread of infectious diseases, but can also be applied to analyze the processes of information transmission in social networks. Another model is the IC model, which describes the process of dissemination of information in social networks, based on the influence of users on each other.

In this article, we will consider the main models of information dissemination in social networks, as well as methods for analyzing the processes of information transmission, such as centrality analysis, clustering and community detection, which can be used to study and optimize the processes of information dissemination in social networks.

### **Research materials and methods**

*Models of information dissemination in social networks: basic approaches.* There are two main approaches to modeling the dissemination of information in social networks: network and non-linear models.

1. Network models. This approach is based on graph theory and considers a social network as a collection of nodes (people or organizations) and connections between them. Network models can be used to study how information propagates through these links, how resources are distributed within a network, and which nodes are central in that network. One of the most common examples of the network model is the social media influence model, which is used to study how messages can be distributed across various social media platforms (Newman, 2010).

2. Nonlinear models. This approach is based on the theory of dynamical systems and is used to study how changes in one node of the network can affect other nodes. Nonlinear models can be useful for predicting how changes in one node might affect the entire network. An example of a non-linear model would be the virus spread model, which is used to study how an infectious disease can spread through a population (Hethcote, 2000).

Both approaches have their advantages and disadvantages, and they are often used in combination to gain a more complete understanding of the processes taking place in social networks.

*Network models of information dissemination.* Network models are used to study the dissemination of information in social networks and include various approaches. Let's consider three main types of network models.

1. *Distributed models.* These models are based on the fact that each node in the network decides whether to propagate information further or not, based on some decision rule. An example of a distributed model is a linear threshold model, in

which each node has some threshold level of influence, and only if the number of its neighbors that have already propagated information exceeds this threshold, it also begins to propagate information.

The IC (Information Cascade) model is a model that describes the process of dissemination of information in a group of people. In this model, each person makes a decision based on their own observations and other people's previous actions. Each node has an activation probability, which can be represented as a number from 0 to 1. When a node becomes active, it can activate its neighbors with some probability. Propagation occurs in stages: at each stage, all nodes that were activated in the previous stage are activated, as well as all their neighbors that were activated in the previous stage with a probability equal to their activation probability (Bikhchandani et al., 2000:49).

The formulas for the IC model can be written as follows:

Decision Probability:

$$P = f(I, S), \quad (1)$$

where  $P$  is the probability of making a decision,  $I$  is the personal information that the person has, and  $S$  is the information that comes from other people.

Personal information:

$$I = i + \alpha \sum pj, \quad (2)$$

where  $I$  is personal information,  $i$  is the initial information that a person has,  $\alpha$  is the coefficient of influence of the initial information,  $\sum pj$  is the sum of decisions made by other people.

Information that comes from other people:

$$S = \beta \sum pk, \quad (3)$$

where  $S$  is information that comes from other people,  $\beta$  is the coefficient of influence of information coming from other people,  $\sum pk$  is the sum of decisions made by other people.

Other people's solution:

$$pj = f(Ij, Sj), \quad (4)$$

where  $pj$  is other people's decision,  $Ij$  is other people's personal information,  $Sj$  is information that comes to other people.

These formulas can be used to describe the IC process and understand how people make decisions based on the information they get from other people (Toropov, 2016).

The LT model is a more complex model that takes into account the influence of not only the activation probability of each node, but also the weight of links between nodes. Each node has a weight, which can be represented as a number from 0 to 1. When a node becomes active, it can activate its neighbors if the link weights between the node and its neighbor exceed a certain threshold. Distribution occurs in stages, similar to the IC model (Goyal et al., 2010: 241).

The IC model is simpler and faster than the LT model, but it does not take into account the influence of link weights between nodes. The LT model is more realistic, but may be more time and resource intensive. Both models can be used to analyze the distribution of information in social networks, marketing campaigns and other areas.

2. *Models of influence.* These models consider the process of information dissemination as a result of interaction between network nodes. In these models, each node can influence its neighbors by changing their probability of making decisions about the dissemination of information. An example of an influence model is the Cascade model, in which each node can influence its neighbors by changing their decision probability (Gorkovenko, 2019: 55).

3. *Models of random walks.* In these models, information propagation is treated as a random walk through the network. The node that propagates information moves to a random neighbor node with some probability. An example of a random walk model is the PageRank model, which is used to rank web pages in search engines (Algazinov et al., 2010: 241).

Each of these approaches has its advantages and disadvantages, and the choice of model depends on the purpose of the study. It is important to understand that network models are used not only to study the distribution of information in social networks, but also to study other processes that occur in networks, such as the distribution of resources and interaction between nodes.

Nonlinear models of information dissemination. Nonlinear dissemination models are used to study the dissemination of information in social networks, marketing campaigns, political campaigns, and other areas. These models take into account non-linear relationships between various factors such as the number of people who see certain information and the number of people who actually respond to it.

One of the most well-known non-linear information dissemination models is the viral distribution model, also known as the Susceptible-Infected-Recovered (SIR) model, which describes how information is distributed through social networks. In this model, each participant has a certain probability of infecting another participant, and this probability may depend on factors such as the number of connections between participants and the degree of their interaction.

The virus dissemination model is a mathematical model that describes the process of information dissemination in a society, as the spread of an infection in a population. In this model, each person can become infected and transmit information to other people, who in turn can become «carriers» and continue to spread (Gorkovenko, 2017: 103).



The formulas for the viral information dissemination model can be written as follows:

Basic distribution model:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\beta SI \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI - \gamma I,\end{aligned}\quad (5)$$

where  $S$  is the number of exposed people,  $I$  is the number of infected people,  $\beta$  is the infection rate,  $\gamma$  is the recovery rate,  $t$  is the time.

Dissemination of information taking into account the influence of the environment:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\beta SI - \lambda S \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI - \gamma I,\end{aligned}\quad (6)$$

where  $\lambda$  is the coefficient of environmental influence.

Immunization Model:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\beta SI - \mu S \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI - \gamma I \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I + \mu S,\end{aligned}\quad (7)$$

where  $R$  is the number of people with immunity,  $\mu$  is a coefficient characterizing the immunization process.

Model taking into account the changing degree of protection of the population:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\beta S\alpha I - \lambda S \\ \frac{dI}{dt} &= \beta S\alpha I - \gamma I \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I + \mu S,\end{aligned}\quad (8)$$

where  $\alpha$  is the coefficient of the degree of protection of the population, which may change over time.

These formulas can be used to describe the process of viral dissemination of information in society, and to understand how changes in various parameters can affect the dissemination of information and the control of this process (Khrapov et al., 2019: 225).

Another non-linear information dissemination model is the «contagion» model, which describes how information can be disseminated through marketing

campaigns or other forms of advertising. In this model, the advertiser can choose a specific strategy that can have more or less impact on the target audience depending on their characteristics and preferences.

Non-linear dissemination models can help improve the effectiveness of marketing campaigns, political campaigns, and other dissemination processes. However, like any model, they must be carefully tested against real data and used with care when making decisions based on their results.

*Threshold models* and *competition models* are two examples of non-linear information dissemination models used in econometrics and other fields to describe non-linear relationships between variables (Avetisyan et al., 2018: 199).

Two of the best-known threshold models are the Sharma-Tamas model and the Granovetter model.

The Sharma-Tamas model is based on the assumption that each person has a certain threshold, which determines how many people with a certain opinion must be in his environment in order for him to accept this opinion. If the number of people supporting an opinion exceeds a threshold, the person accepts that opinion. If the number does not reach the threshold, he remains in his opinion. The Sharma-Tamas model was developed to explain the dynamics of the spread of opinions in social networks.

Granovetter's model is based on the idea that people have two types of connections in their social network: strong and weak. Strong ties are those that connect people who know each other very well, while weak ties are those that connect people who don't know each other very well. Granovetter's model assumes that people are more affected by their weak ties than their strong ties. This is because people with strong ties often have very similar opinions, while people with weak ties can represent diverse points of view.

Both models — Sharma-Tamas and Granovetter - are useful tools for studying the dynamics of influence and distribution of opinions in social networks. They can help in understanding how people form their opinions and make decisions in the context of a social network, which can have important practical applications in fields such as marketing, politics, and social psychology (Wiedermann et al., 2020).

*Competition models* describe relationships between multiple variables that compete with each other for limited resources.

Two of the more well-known competition models are the Lotka-Volterra model and the takeover model.

The Lotka-Volterra model is a mathematical model developed to study the interaction between two species in an ecosystem: predators and prey. The model assumes that the number of prey and predators changes over time depending on their interaction. The number of prey increases when the number of predators is small, and decreases when there are many. Likewise, predators increase when there are many prey and decrease when there are few. The Lotka-Volterra model can be used to analyze various ecosystems such as marine and forest ecosystems (Trubetskov, 2011:66).

The engulfing model, also known as the Gompertz model or the life cycle model, is a mathematical model that describes the change in population size over time. The model takes into account births, deaths and competition for resources. Each individual in a population has a probability of dying or producing offspring. When the population reaches its maximum size, it begins to absorb its own individuals, which leads to a decrease in the population size. This model can be applied to the analysis of animal and plant populations (Delitsyn, 2015).

Both the Lotka-Volterra and engulfing models are useful tools for studying interactions between species and competition for resources in ecosystems. They can help predict population dynamics and understand how changes in one population can affect another population in an ecosystem.

### Results and discussion

Methods for analyzing information transfer processes in networks are necessary to understand how information propagates in a network and how it is influenced by various factors, such as node properties, types of connections, and other network parameters. They help identify important nodes, groups of nodes, and information paths in the network.

Thus, methods for analyzing the processes of information transfer in networks can be used to:

- understanding of the structure and properties of information transmission networks;
- optimization of information transfer processes in networks;
- identification of key nodes that may be vulnerable in case of attacks on the network;
- identification of groups of nodes that can work together to achieve a specific goal;
- search for optimal ways of information transfer in the network;
- determining the degree of influence of nodes on the processes of information transfer in the network.

Let us consider some methods for analyzing the processes of information transfer, such as the analysis of centrality, clustering and detection of communities (Tabassum et al., 2018).

Centrality analysis:

Centrality analysis is a method for evaluating the importance of nodes in a network. There are several measures of centrality, including:

Betweenness centrality:

$$BC(v) = \sum_{(s,t) \in S(v)} \delta(s,t|v) / \delta(s,t) \quad (9)$$

where  $S(v)$  is the set of shortest paths between all pairs of nodes passing through node  $v$ ;  $\delta(s,t)$  is the number of shortest paths between nodes  $s$  and  $t$ ; and  $\delta(s,t|v)$  is the number of shortest paths between nodes  $s$  and  $t$  that pass through node  $v$ .

Closeness centrality:

$$CC(v) = 1/\sum d(v, u) \tag{10}$$

where  $d(v, u)$  is the shortest distance between nodes  $v$  and  $u$ .

Degree centrality:

$$DC(v) = k(v)/(n - 1) \tag{11}$$

where  $k(v)$  is the number of links linking node  $v$  and  $n$  is the total number of nodes in the network.

Clustering:

Clustering is a method of dividing nodes in a network into groups that have similar properties or structure. There are several clustering methods including:

*Method of K-means (K-means):*

The K-means algorithm consists of the following steps:

Select K random cluster centers.

Assign each node to the nearest cluster center.

Update cluster centers using the average of all nodes belonging to the given cluster.

Repeat steps 2-3 until the stop criterion is reached.

*Hierarchical clustering method:*

The hierarchical clustering method consists of the following steps:

Start with each node in a separate cluster.

Merge nearest clusters until all nodes are merged into one cluster or until the stop criterion is reached.

The joining criteria can be different, for example, cosine distance or Euclidean distance between nodes.

Community detection:

Community detection is a method of identifying groups of nodes in a network that are more closely related to each other than to the rest of the nodes in the network. There are several methods for community detection, including:

*Louvain method:*

The Louvain method is an iterative community detection method that optimizes the modularity that describes the quality of network partitioning into communities. The algorithm consists of the following steps:

Assign each node to a separate community.

For each node  $v$ , consider all possible reassignments of the node to another community, and calculate the change in modularity for such a reassignment.

Reassign node  $v$  to the community that gives the greatest increase in modularity.

Repeat steps 2–3 for each node in the network until the stop criterion is reached.

*Method of graph theory of spectral clustering (Spectral clustering):*

Spectral clustering is a community detection technique that uses the spectral decomposition of a graph's adjacency matrix to extract communities. The algorithm consists of the following steps:

Calculate the adjacency matrix of the graph.

Calculate the spectral decomposition of the adjacency matrix.

Select the first  $k$  eigenvectors corresponding to the  $k$  smallest eigenvalues.

Apply the K-means method to the obtained vectors to partition the graph into  $k$  communities.

These methods of analyzing information transfer processes can be used to understand the properties of networks, identify important nodes and groups of nodes, and also optimize information transfer processes in networks.

*Application of information dissemination models in social networks.* Social media dissemination models are used to analyze how messages and ideas spread among network users. These models can be useful for predicting how quickly and in what way information will spread on social networks, as well as identifying the most influential users and communities. Below are a few examples of the application of social media dissemination models.

**User power analysis:** Information dissemination models can help identify powerful users in a social network. This can be useful for marketing as these users can be used to promote products or services.

**Community analysis:** Information dissemination models can help define user communities in a social network and evaluate their interaction. This can be helpful in understanding cultural differences and identifying potential audiences.

**Predicting User Behavior:** Information dissemination models can help predict user behavior on a social network. This can be useful for decision making in marketing and politics.

**Trend detection:** Information dissemination models can help identify trends in a social network, such as changing user interests and trends in public opinion.

**Create Viral Campaigns:** Information dissemination models can help create viral campaigns that will spread quickly on social media. For example, a company can create a video that generates strong user interest and then use distribution models to determine how it will be distributed across the network.

**Determining the most effective promotion channels:** Information dissemination models can help determine the most effective channels for promoting products and services in social networks. For example, a company can use distribution models to determine which social networks are most popular among its target audience and then focus their efforts on those channels.

**Ad response analysis:** Information dissemination models can help analyze user response to social media ads. For example, a company can use information dissemination models to determine how many users saw and react to an ad and then tailor its strategy accordingly.

**Negative Information Control:** Information dissemination models can be used to control the dissemination of negative information on social media. They can help identify users who may be spreading negative messages and prevent those messages from spreading further.

Prevention of cyberattacks: Information dissemination models can help prevent cyberattacks on social networks. For example, they can help identify users who may be vulnerable to attack and take steps to protect against cyberattacks.

Event Response Analysis: Information dissemination models can be used to analyze user reactions to social media events. For example, they can help determine how users react to news, political events, sports events, and so on (Batura, 2012: 13).

### **Conclusion**

The article presents an overview of the main models of information dissemination that are used to analyze the processes of information dissemination in various social networks. The article describes various models, including viral spread models, IC and LT models, competition models, etc.

The article also considers the main applications of information dissemination models, including predicting user behavior in social networks, marketing and advertising campaigns, controlling negative information and preventing cyberattacks, some methods for analyzing information transmission processes are considered to understand how information is distributed on the network and how it is affected. various factors.

The article's findings highlight that information dissemination models have great potential in various areas such as social networking, marketing, and security, and that the use of these models can help improve social media performance and marketing campaigns. However, it is important to understand that the choice of model should depend on the specific task and context, as well as on the data on which the model will be based.

There are several areas for further research in the field of information dissemination models in social networks:

Development of new information dissemination models that take into account the complex interactions between users and the characteristics of the social network, such as the topology and dynamics of connections between users.

Development of more accurate methods for estimating the parameters of information dissemination models, taking into account the complexity and heterogeneity of data in social networks.

Development of more efficient algorithms for predicting and controlling user behavior in social networks based on information dissemination models.

Exploring the interaction between information dissemination models and other social network models such as social network evolution models and community formation models.

Applying information dissemination models to analyze a wider range of social media issues, such as analyzing the impact of social media on public opinion and decision making.

Development of innovative methods for predicting and controlling user behavior based on deep learning and natural language analysis.

Research in these areas can help improve understanding of social media dissemination processes and apply them to a variety of purposes such as improving marketing campaigns, preventing cyberattacks, and controlling negative information.

#### REFERENCES

- Algazinov E.K., Muzychenko V.A., 2019 — *Algazinov E.K., Muzychenko V.A.* Application of the PageRank algorithm for the ranking problem in bft systems // Vestnik VSU, Series: system analysis and information technologies, 2019, no. 4 - Pp. 55–63.
- Avetisyan A.A., Drobyshvskiy M.D., Turdakov D.Yu., 2018 — *Avetisyan A.A., Drobyshvskiy M.D., Turdakov D.Yu.* Methods for Information Spread Analysis. Proceedings of the Institute for System Programming of the RAS (Proceedings of ISP RAS). 2018, 30(6): 199–220. (In Russ.).
- Bikhchandani S. & Hirshleifer D., 2000 — *Bikhchandani S. & Hirshleifer D.* Information Cascades in Social Networks. The Journal of Economic Perspectives, 14(2), 49–64.
- Batura T.V., 2012 — *Batura T.V.* Methods of analysis of computer social networks // Vestn. NSU. Series: Inf.tech. - 2012. - T.10. - No. 4. – Pp. 13–28.
- Delitsyn L., 2015 — *Delitsyn L.* I. scientific basis for the development and application of quantitative models for the dissemination of new information technologies: Specialty 05.25.05 - Information systems and processes: dissertation for the degree of doctor of technical sciences / Delitsyn Leonid Leonidovich; Moscow State Institute of Culture. – Moscow, 2015.
- Goyal A., Bonchi F. & Lakshmanan L.V., 2010 — *Goyal A., Bonchi F. & Lakshmanan L.V.* Learning influence probabilities in social networks. In Proceedings of the third ACM international conference on Web search and data mining (Pp. 241–250).
- Gorkovenko D.K., 2017 — *Gorkovenko D.K.* Review of information dissemination models in social networks / D.K. Gorkovenko. - Text: direct // Young scientist. - 2017. - No. 8 (142). — Pp. 23–28.
- Gorkovenko D.K., 2017 — *Gorkovenko D.K.* Comparative analysis of cellular automaton epidemic models in modeling information dissemination in social networks. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Computer science. Telecommunications. Control. 2017. V. 10. No. 3. S. 103–113. DOI: 10.18721/JCSTCS.10309.
- Gribanova E.B., 2018 — *Gribanova E.B.* Algorithms for modeling the dissemination of information during marketing activities in groups of an online social network, Probl. Upravl., 2018. issue 1. 66–73.
- Hethcote H.W., 2000 — *Hethcote H.W.* The mathematics of infectious diseases. SIAM review, 42(4). 599–653.
- Khrapov P.V., Stolbova V.A., 2019 — *Khrapov P.V., Stolbova V.A.* Mathematical Modelling of the News Spreading Process in So-cial Networks. Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie = Modern Information Technolo-gies and IT-Education. 2019; 15(1): 225–231. DOI: 10.25559/SITITO.15.201901.225-231© Khrapov P.V., Stolbova V.A., 2019. НАУЧНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ОБРАЗОВАНИИ И НАУКЕ / SCIENTIFIC SOFTWARE IN EDUCATION AND SCIENCE Powered by TCPDF (www.tcpdf.org)Powered by TCPDF (www.tcpdf.org).
- Newman M.E., 2010 — *Newman M.E.* Networks: an introduction. Oxford University Press.
- Timofeev S.V., Sukhodolov A.P., 2019 — *Timofeev S.V., Sukhodolov A.P.* A model for disseminating new information in society. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Physical and mathematical sciences. 2019. V. 12. No. 4. S. 119–134. DOI: 10.18721/JPM.12412.
- Tabassum S., Pereira F.S.F., Fernandes S., Gama J., 2018 — *Tabassum S., Pereira F.S.F., Fernandes S., Gama J.* Social network analysis: An overview. WIREs Data Mining Knowl Discov. 2018; e1256. <https://doi.org/10.1002/widm.1256>.
- Toropov B.A., 2016 — *Toropov B.A.* A model of independent repost distribution cascades in an online social network // Cybernetics and Programming. - 2016. - No. 5. - P. 199 - 205. DOI: 10.7256/2306-4196.2016.5.20624.

Trubetskov D.I., 2011 — *Trubetskov D.I.* Phenomenon of the Lotka–Volterra Mathematical Model and Similar Models // *Izvestiya vuzov. HDPE*. 2011. Vol. 19, no. 2. S. 69–88. DOI: 10.18500/0869-6632-2011-19-2-69-88.

Tabassum S., Pereira F.S.F., Fernandes S., Gama J., 2018 — *Tabassum S., Pereira F.S.F., Fernandes S., Gama J.* Social network analysis: An overview. *WIREs Data Mining Knowl Discov*. 2018; e1256. <https://doi.org/10.1002/widm.1256A>.

Wiedermann M., Smith E.K., Heitzig J., 2020 — *Wiedermann M., Smith E.K., Heitzig J. et al.* A network-based microfoundation of Granovetter’s threshold model for social tipping. *Sci Rep* 10, 11202 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67102-6>.



NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES  
ISSN 1991-346X  
Volume 1, Number 345 (2023), 121-135  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.173>

ӘОЖ 004.9

© G. Kalman<sup>1</sup>, M.G. Esmaganbet<sup>2</sup>, M.M. Zhamankarin<sup>2\*</sup>,  
A.I. Gabdulina<sup>2</sup>, D.V. Pleskachev<sup>2\*</sup>, 2023

<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Abay Myrzakhmetov Kokshetau University, Kokshetau, Kazakhstan.

E-mail: [zhamankarin@yandex.kz](mailto:zhamankarin@yandex.kz)

## COREFERENCE SOLUTION USING THE CLUSTERING METHOD

**Kalman Gulzhamal** — graduate student at the Department of Information Systems. L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: [guljamal14@gmail.com](mailto:guljamal14@gmail.com), DOI: <https://orcid.org/0000-0001-8863-9447>;

**Esmaganbet Musatai Galymuly** — Abay Myrzakhmetov Kokshetau University candidate of physics and mathematics, professor. Kokshetau, Kazakhstan.

E-mail: [esmakhan\\_kz@list.ru](mailto:esmakhan_kz@list.ru), <https://orcid.org/0009-0002-3293-1734>;

**Zhamankarin Maxut** — Doctor of profile. Abay Myrzakhmetov Kokshetau University. 020000. Kokshetau, Kazakhstan.

E-mail: [zhamankarin@yandex.kz](mailto:zhamankarin@yandex.kz), ORCID 0000-0002-5254-9797;

**Gabdulina Anara Ibrahimovna** — Master of Humanities. Lecturer at the “Foreign Languages and Translation Studies” Department. Abay Myrzakhmetov Kokshetau University. 020000. Kokshetau, Kazakhstan.

E-mail: [kali-anara@mail.ru](mailto:kali-anara@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0002-1236-260X>;

**Pleskachev Denis Vladimirovich** — Teacher, Master of Technical Sciences Department of Informational System and Informatics. Abay Myrzakhmetov Kokshetau University. 020000. Kokshetau, Kazakhstan.

E-mail: [denispleskachev@mail.ru](mailto:denispleskachev@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-6277-021X>.

**Abstract.** In linguistics, reference is a comparison of a textual expression with some non—linguistic object and an event in the real or abstract world. Determining referential relations in linguistics has been studied for a long time for other languages, but there are still very few studies for the Kazakh language. Considering these issues, we set the goal of solving reference relations in the Kazakh language. The purpose of the studied system here is to solve coreference relations in the Kazakh language, that is, to cluster personal names related to persons (Type of person). In other words, the task is to combine all the parts of the name in the text (that is, the title, first name, last name, patronymic of each person mentioned in the text). To achieve the goal, we used tomita-parser, keyword dictionary, grammar

for extracting full name, grammar for extracting vocabulary names, clustering, pairwise model, feature vector, pairwise weight vector. Algorithm Performance was evaluated using traditional evaluation metrics, the obtained results compared to other methods, the Tomita-parser algorithm was 0.87%, and the clustering algorithm was 0.81%, the results were given in the form of a table.

**Keywords:** coreference, clustering, Tomita-parser, reference, anaphora

© Г. Қалман<sup>1</sup>, М.Ф. Есмағанбет<sup>2</sup>, М.М. Жаманқарин<sup>2\*</sup>, А.И. Габдулина<sup>2\*</sup>  
Д.В. Плескачев<sup>2\*</sup>, 2023

<sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан;

<sup>2</sup>А.Мырзахметов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан.

E-mail: zhamankarin@yandex.kz

### **КЛАСТЕРЛЕУ ӘДІСІН ҚОЛДАНЫП КОРЕФЕРЕНЦИЯН ШЕШУ**

**Қалман Гүлжамал** — 8D06103. «Ақпараттық жүйе» мамандығының докторанты. Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті. 010000. Астана, Қазақстан.

E-mail: guljamal14@gmail.com. DOI:https://orcid.org/0000-0001-8863-9447;

**Есмағанбет Мұсатай Ғалымұлы** — Физика математика ғылымдарының кандидаты, профессор. Абай Мырзахметов атындағы Көкшетау университеті. 020000. Көкшетау, Қазақстан.

E-mail: esmakhan\_kz@list.ru, https://orcid.org/0009-0002-3293-1734;

**Жаманқарин Максұт Мұхамбетназарұлы** — бейіні бойынша доктор. Абай Мырзахметов атындағы Көкшетау университеті. 020000. Көкшетау, Қазақстан.

E-mail: zhamankarin@yandex.kz. ORCID 0000-0002-5254-9797;

**Габдулина Анара Ибрагимовна** — Гуманитарлық ғылымдар магистрі, шетел тілдері және аударма ісі кафедрасының оқытушысы. А. Мырзахметов атындағы Көкшетау университеті.

E-mail: kali-anara@mail.ru, https://orcid.org/0009-0002-1236-260X;

**Плескачев Денис Владимирович** — Техника ғылымдарының магистрі. Ақпараттық жүйелер және Информатика кафедра Оқытушысы. Абай Мырзахметов атындағы Көкшетау университеті.

E-mail: denispleskachev@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-6277-021X.

**Аннотация.** Тіл білімінде референция — мәтіндік өрнекті қандай да бір тілдік емес объектімен нақты немесе дерексіз дүниедегі оқиғамен салыстыру. Дәстүрлі тіл білімі референция сөз тіркестерінің екі негізгі класын қарастырады: лексикалық толық формалар (атаулы сөз тіркестері және т.б.) және қысқартылған формалар (мысалы, есімдіктер, сілтеу есімдігі, жіктеу есімдігі, өздік есімдіктер). Референцияны шешудің міндеті белгілі бір тілден тыс нысан туралы нақты мәтіндік сілтемені осы мәтіндегі басқа сілтемелермен анықтау. Тіл біліміндегі референциялық қатынасты шешу басқа тілдер үшін көптен зерттеліп келеді, ал қазақ тілі үшін әлі күнге дейін зерттеулер өте аз. Біз осы мәселелерді ескере отырып, қазақ тіліндегі сілтемелік қатынастарды шешу мақсатын қойдық. Бұндағы зерттелетін жүйенің мақсаты қазақ тіліндегі кореференциялық қатынастарды шешу яғни тұлғаларға қатысты жалқы есімдерді кластерлеу (Тұлға түрі). Басқаша айтқанда, тапсырма мәтінде бар есімнің барлық бөліктерін (яғни, мәтінде көрсетілген әрбір адамның лауазымы,

аты, тегі, әкесінің аты) біріктіру болып табылады. Мақсатқа жету үшін tomita-parser, кілттік сөздер сөздігі, толық атауды алуға арналған грамматика, сөздік атауларды шығаруға арналған грамматика, кластерлеу, жұптық модель, мүмкіндік векторы (Вектор признаков), жұптық салмақ векторын қолдандық. Алгоритмінің Өнімділігін дәстүрлі бағалау метрикасының көмегімен бағаланды, алынған нәтижелер басқа әдістермен салыстырғанда томиита — парсер алгоритмі 0.87%, ал кластерлеу алгоритмі 0.81% құрады, нәтижелер кесте түрінде белгіленді.

**Түйін сөздер:** кореференция, кластерлеу, томиита-парсер, референция, анафора

© Г. Қалман<sup>1</sup>, М.Ғ. Есмағанбет<sup>2</sup>, М.М. Жаманкарин<sup>2\*</sup>, А.Г. Габдулина<sup>2\*</sup>,  
Д.В. Плескачев<sup>2\*</sup>, 2023

<sup>1</sup>Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева,  
Астана, Қазақстан;

<sup>2</sup>Кокшетауский университет имени Абая Мырзахметова,  
Кокшетау, Қазақстан.

E-mail: zhamankarin@yandex.kz

## РЕШЕНИЕ КОРЕФЕРЕНЦИИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА КЛАСТЕРИЗАЦИИ

**Қалман Гулжамал** — Докторант, кафедра Информационные системы, факультет Информационных технологий. ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. 010000. Астана, Қазақстан.

E-mail: guljamal14@gmail.com. DOI: <https://orcid.org/0000-0001-8863-9447>;

**Есмағанбет Мұсатай Ғалымұлы** — кандидат физико-математических наук, профессор. Кокшетауский университет имени Абая Мырзахметова. 020000. Кокшетау, Қазақстан.

E-mail: esmakhan\_kz@list.ru, <https://orcid.org/0009-0002-3293-1734>;

**Жаманкарин Мақсұт Мұхамбетназарұлы** — доктор по профилю. Кокшетауский университет имени Абая Мырзахметова. 020000. Кокшетау, Қазақстан.

E-mail: zhamankarin@yandex.kz. ORCID 0000-0002-5254-9797;

**Габдулина Анара Ибрагимовна** — Магистр гуманитарных наук, преподаватель кафедры иностранных языков и переводческого дела. Кокшетауский университет им. Абая Мырзахметова. 020000. Кокшетау, Қазақстан.

E-mail: kali-anara@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1236-260X>;

**Плескачев Денис Владимирович** — Преподаватель, Магистр технических наук. Кафедра Информационных систем и Информатики. Кокшетауский университет имени Абая Мырзахметова. 020000. Кокшетау, Қазақстан.

E-mail: denispleskachev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6277-021X>.

**Аннотация.** В лингвистике референция — это сопоставление текстового выражения с каким-либо неязыковым объектом и событием в реальном или абстрактном мире. Традиционная лингвистика рассматривает два основных класса опорных словосочетаний: лексические полные формы (именные словосочетания и т.д.) и сокращенные формы (например, местоимения). Задача разрешения ссылок состоит в том, чтобы идентифицировать конкретную

текстовую ссылку на конкретную неязыковую сущность с другими ссылками в этом тексте. Определение референциальных отношений в языкознании давно изучается для других языков, но по казахскому языку исследований еще очень мало. Учитывая эти вопросы, мы поставили цель решить референтные отношения в казахском языке. Целью изучаемой системы здесь является решение кореферентных отношений в казахском языке, то есть кластеризация личных имен, связанных с лицами (Тип лица). Другими словами, задача состоит в том, чтобы соединить в тексте все части имени (то есть звание, имя, фамилию, отчество каждого лица, упомянутого в тексте). Для достижения цели мы использовали томита-парсер, словарь ключевых слов, грамматику для извлечения полного имени, грамматику для извлечения названий словарей, кластеризацию, парную модель, вектор признаков, вектор парных весов. Производительность алгоритма оценивалась с использованием традиционных оценочных метрик, полученные результаты составили 0,87% для алгоритма Tomita-parser и 0,81% для алгоритма кластеризации по сравнению с другими методами, результаты были представлены в виде таблицы.

**Ключевые слова:** кореференция, кластеризация, томита-парсер, анафора

### **Кіріспе**

Сөйлеудің тұтастығы мен өміршеңдігі сол субъектілерді қайта еске түсірумен тікелей байланысты. Сондықтан, сөйлеу барысында біз экстралингвистикалық шындықтың белгілі бір объектілерін еске түсіруді жиі кездестіреміз, олар референт деп аталады, ал қайталау процесі референция деп аталады.

Дискурста референциялық қатынастарды орнату мәтінді автоматты талдаудың ең өзекті, бірақ модельдеуге қиын мәселелерінің бірі болып табылады. Айтылымның мағынасы және берілген айтылым мағынасының қолжетімділік дәрежесі сөйлеушінің қандай сілтемелік құралдарды пайдаланатынына байланысты өзгеруі мүмкін. Ол жалқы есім, есімдік немесе баяндауыш зат есім болуы мүмкін. Егер бір сілтенілген өрнек бұрын қолданылған екіншісіне сілтеме жасаса, онда олардың арасында анафоралық қатынас (анафора) орнатылады, өрнектердің соңғысы анафор, ал оның алдындағысы — антецедент деп аталады.

Соңғы жылдары референциялық қатынастарды шешу өте қызықты және нәтижелі зерттеулердің тақырыбы болды. Бұл зерттеулерде тұлғаларға қатысты жалқы есімдерді кластерлеуді зерттейміз. Жалқы есімдер тегі, аты, әкесінің аты және лақап аттан тұруы мүмкін. Бұл классификацияны толық қазақша жалқы есімнің стандарт құрылымына сүйене отырып пайдаландық.

Атаулы нысандарды шығару үшін біз табиғи тілдегі мәтіндерден құрылымдық деректерді шығаруға арналған еркін қолжетімді құрал Tomita Parser (Bodrova, 2016) қолданамыз. Талдаушы GLR алгоритміне негізделген (Lavie et al., 1993: 123) және контексті еркін грамматикалардың формализмын қолданады.

Табиғи тілдегі референцилық қатынасты шешу мәселесі 60 жылдардан бастап зерттеліп келеді, мұнда ағылшын, неміс, араб, қытай, орыс және т.б. көптеген тілдерде зерттелді.

Соңғы жылдардағы зерттеу жұмыстарына талдау жасайтын болсақ. (Juntao et al., 2022: 4873) жұмысында көптілді корпусты пайдалана отырып “анафор антецедент” жұбын табудың алгоритмін құрды. Корпусты пайдалану барысында әр түрлі тілдер үшін білім базасын құрып, жұптық моделдер көмегімен үміткерлерді табуды жүзеге асырды.

Көп тілді корпустық тәсілмен келесі жұмыс жасалды мұнда чех, орыс, поляк, неміс, испан және каталан тілдеріндегі референцияны табуда терең оқыту Алгоритмін қолданды.

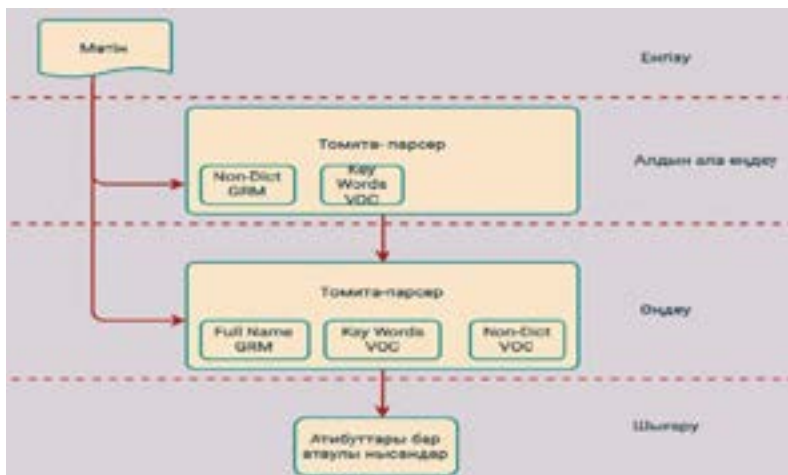
Осындай (Zhumabay et al., 2022: 27) көп тілді жүйеде қазақ орыс және ағылшын тілдеріндегі референцияны шешудің жүйесін құрды, мұнда кибриктің әдісін (Kibrik et al., 2013: 118) негізге ала отырып, антцедент пен анафордың референты болу жағдайын есептеу формуласын ұсынды.

Қазақ тілінде жасалған тағыда бір жұмысты атауға болады, мұнда машиналық оқыту әдін қолданып есімдік анафорасын шешу тәсілі ұсынылды нәтиже айтарлықтай жақсы болды. (Қалман т.б., 2022: 2709).

(Liyan et al., 2020: 8527) және (Yuval et al., 2021: 14) жұмыстары бойынша жұптық моделді кластерлік әдістермен біріктіру және декоддауды пайдаланып референциялық қатынасты шешті. Мұнда кластерлік әдіс өте тиімді және шешу жылдамдығы мен қарапайымдылығы басым, референтті жұптар дағы ықтимал антецедентті табуда ерекше роль атқарады, сонымен қатар бұл әдіске басқа моделдері қосу арқылы әдістің соңғы алатын нәтижесін арттыруға болатындығын дәлелдеді

Бізге осы бағытта зерттеуге негізгі түрткі болған мәселе бұл қазақ тілі үшін бұндай зерттеулердің жоқтығы бізге үлкен мотивация беруде, бұл жұмыстың тағы бір артықшылығы бұнда біз жұптық моделді кластерлеу әдісімен бірге қолданылуымыз.

Атаулы нысандарды шығару мақсаты бастапқы мәтіннен ерекшеліктері бар ескертулер жинағын алу болып табылады. Осы мақсатқа жету үшін біз Tomita талдаушысына екі грамматиканы жаздық. Біріншісі алдын ала өңдеу сатысында қолданылады, оның көмегімен біз сөздік емес атауларды шығарып, олармен уақытша сөздіктерді толтырамыз. Екінші грамматика құрастырылған сөздіктерді пайдалана отырып, атау бөліктерін біріктіріп, сәйкес белгілерді шығарады. Екі грамматика да тоқтату сөздерді, географиялық нысандар мен ұйымдарға арналған дескрипторларды, тақырыптарды және т.б. сипаттайтын қолдан жасалған кілт сөздік сөздіктерді пайдаланады. Атаулы нысандарды шығару моделі I-суретте көрсетілген.



Сур. 1. Атаулы нысандарды шығару моделі. GRM-грамматика, VOC-кілт сөздер сөздіктері (Fig. 1. Named object extraction model. GRM-grammar, VOC-keyword dictionaries)

### Зерттеу әдістері

Қойылған міндеттерді шешу үшін атаулы нысандарды шығару әдістері, кластерлеу, кілт сөздер сөздіктері және жұптық модельді қолданылды.

*Сөздік атауларды шығаруға арналған грамматика.* Бұл кезеңнің негізгі проблемасы-жеке тұлғаларға қатысты атауларды басқа нысандар түрлеріне (мысалы, орындар немесе ұйымдар) қатысты атаулардан бөлу. Осы мақсат үшін біз белгілі бір нысан түріне жату ықтималдығы жоғары контекстті сипаттайтын ережелер жасаймыз. Мысалы, географиялық нысандар мен ұйымдарға арналған дескрипторларды қамтитын түйінді сөздіктердегі сөздер.

	A	B	C	D
1	Әйелдерге қатысты атау ана, ана, тәте, қандайымы, ару, қашым, сүйек, азаматтың, бейжәткен.	Ерлерге қатысты атау мырза азамат әке, аға, ші іншек, бауыр,	Орын дескрипторлары сусжай, тау, қала, провинция на, сарай, аймақ, теңіз, көл, арал, облыс.	Ұйым дескрипторлары агенттік, одақ, жандатыс - біртектік ; Оанк, Оқар, Бөлім, Заруыт, институт

Сур. 2. кілттік сөздер сөздік үлгісі (Fig. 2. dictionary of keywords)

*Толық атауды алуға арналған грамматика:* Негізгі атаулардың сөздігін жасағаннан кейін олардың құрамдас бөліктерінен жасалған толық атауларды шығаруға болады: Аты (Аты), Фамилия (Тегі), Әкесінің аты, Сондай-ақ, біз келесідей гендерлік (Gender), Мекенжай (Address) және Дескриптор (Descriptor) сияқты қосымша атрибуттарды аламыз.

Мекенжай (Address) атрибутының мәні атаулардың сөздігінен кез келген сөзді қабылдай алады (2-сурет кілттік сөздер сөздік үлгісі).

Дескриптор (Descriptor) — бұл белгілі бір адамға қатысты сыныпты сипаттайтын атаулы топ (мысалы, кәсібі немесе туыстық байланысты мәртебе).

Gender атрибуты үш мәннің кез келгенін қабылдай алады: ”male”, ”female”, ”dual”.

Gender бірнеше жолмен анықталады. Біріншіден, егер қол жетімді болса, біз сөздік ақпаратты қолданамыз. Содан кейін синтаксистік байланысты етістіктердің, сын есімдердің грамматикалық түріне байланысты анықталады.

*Толық атауды шығару үшін грамматикалық нәтиже:*

Мысал: “Молекулярлық биология және биохимия институтының ғалымы [Бақытжан Әлжанұлы] геномды редакциялау көмегімен I типті қант диабетін емдеуге арналған бірегей жасушаларды ойлап тапты.”

StrictName

```
{
  Firstname = Бақытжан
  Lastname = Әлжанұлы
  Patronymic = None
  Gender = male
  Address = None
  Descriptor = ғалым
}
```

Белгілері бар ескертулер: {“Бақытжан”, “Әлжанұлы”, “None”, “male”, “None”, “ғалым” }

*Кластерлеу*

Әрбір D құжаты  $M = \{m_1, \dots, m_n\}$  n атаулы нысандар жиыны ретінде ұсынылсын. Барлық атаулы нысандар  $MP = \{(i, j) \mid 1 \leq i < j \leq N\}$  бірыңғай жұптарының жиынтығын құрайды, мұнда әр атаулы нысандар өз индексімен берілген. Әрбір MP атаулар жұбының өз салмағы  $P_{(i,j) \in MP}$  болады, ол score (i, j) функциясының нәтижесі болып табылады, ол екі атаулы нысанның қаншалықты референті екенін көрсетеді:

$$\text{score}(i, j) = \begin{cases} \text{None} & \text{if } \text{Disjoint}(i, j) \\ \theta^T f(i, j), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

мұндағы  $f(i, j)$  – атаулар үшін мүмкіндік векторы,  $\theta$  атаулардың векторлық салмағы, Disjoint функциясы екі ескертпелер арасында олардың бір нысанға қатысты болуына кедергі болатын қайшылықтардың бар-жоғын көрсетеді.

Кореференциялық қатынасты шешу міндетін қою үшін, біз  $n \times n$  логикалық үшбұрышты матрицаны C кластерлеу нәтижесі деп санаймыз, егер кореференті болса, онда  $C_{i,j} = 1$ , кері жағдайда 0ге тең.

C кластерленуі транзитивті шектеулерге қолдау көрсетілетін жағдайда ғана жарамды болады:  $(C_{ij} = 1 \wedge C_{jk} = 1) \Rightarrow (C_{ik} = 1) \forall 1 \leq i < j < k \leq n$

C[i]- і-ескертуге жататын кластер.

*Жұптық модель.* Кореференциялық модельдің екінші түрі екілік классификатор болып табылады. Идея - екі ескертпенің негізгі ықтималдығын табатын классификаторды дайындау. (Loic et al., 2022: 88) Ол сөйлемдегі әрбір екі сөзді салыстырады және олардың байланысу ықтималдығын тағайындайды (Gorka et al., 2019: 35). Идеал жағдай теріс мысалдар 0-ге жақын, ал оң мысалдар 1-ге жақын ықтималдық алады.

Жұптық моделді қолданудағы негізгі мақсат:

а) Ескертулердің әрбір жұбы үшін олардың бір негізгі референциялық тізбекте екенін анықтау.

б) Соңғы негізгі референциалдық тізбектерді құру үшін жіктелген жұптарды алу.

(Auliarachman et al., 2019) референциялық тізбекте ескерту жұптарын шығру және тізбектерді жіктеу әдістері келесі жұмыстан көруге болады (Shanu et al., 2019: 4179)

Біз ескертпелердің салмағын алу үшін логистикалық классификатормен аталған жұптық моделін оқыттық. Модель екі ескертудің бір кластерге жататынын болжайды. Кореференттік ықтималдық стандартты логистикалық формуланы қабылдайды:

$$P_{\theta}(i, j) = (1 + e^{-\theta^T f(i, j)})^{-1} \quad (2)$$

Мұндағы  $f(i, j)$   $m_i$  мен  $m_j$  үшін атаулар векторы, ал  $\theta$  салмақ векторы  $\theta$  салмақ векторы табу үшін, — жаттығу жиынындағы барлық ескертпелердің жиыны деп есептейміз,  $T(j)$  —  $j$  алдындағы ескертпелердің индекстік жиыны болсын, осылайша, негізгі референциалды және  $F(j)$  — референциалды емес.  $T(j)$  және  $F(j)$  жиындары ескертпесі жататын әрбір  $D$  құжаты үшін құрылған.  $T(j)$  жиынындағы ықтималды үміткерлер саны  $F(j)$  жиынындағы ықтималды үміткерлер санынан көп екендігін есептейтін салмақ векторы келесі формула арқылы есептеледі.

$$L(\theta) = -\sum_{m \in M} (\sum_{t \in T(m)} \log(p_{\theta}(t, m)) + \sum_{t \in T(m)} \log(1 - p_{\theta}(t, m))) + \min \|\theta\|_1 \quad (3)$$

*Мүмкіндік векторы (Вектор признаков).* Мүмкіндік векторы екі ескертпенің әртүрлі мүмкіндік мәндерінің арасындағы сәйкестіктерді көрсетеді.

First name, Last name және Patronymic белгілерінде сәйкестіктің 5 нұсқасы бар:

1. Strict Match (қағаз сәйкестік)-Белгінің мәндері бірдей.

2. Incomplete Match (толық емес сәйкестік) — Белгінің мәндері іс жүзінде бірдей.



Толық емес сәйкестікті тексеру үшін біз белгілердегі екі жол көрінісі арасындағы Левенштейн қашықтығын есептейміз. Левенштейн қашықтығы- бір сөзді екіншісіне айналдырмас бұрын қажет болатын бір әріптен тұратын түрлендірулердің (кірістіру, ауыстыру, жою) ең аз санын табуға арналған жол көрсеткіші.

Толық емес сәйкестікті тексеру қалыпқа келтіру қателері мен технологиялық қателер түзетілген бірдей атауларды табу үшін қажет. Егер Левенштейннің арақашықтығы қазақ тіліндегі зат есімнің аяқталуының 3 максимумынан аспаса, біз жолдарды бір - біріне жақын деп санаймыз.

Егер бір жол екіншісінің бөлігі болса Firstname Match белгісінің мәні Incomplete Match тең болады. Мысал : ‘Анна Мария’ және ‘Анна’.

3) First Letter Match (бірінші әріп бойынша сәйкестік)- егер белгілердің кем дегенде біреуінің мәні бір әріпке дейін қысқартылса және бұл әріп басқа мәннің бірінші әрпімен сәйкес келсе, онда Firstname Match = First Letter Match болады.

4) None Field- Егер өрістердің кем дегенде біреуі “ None “ мәндерін қабылдаса

5) Errormatch -Белгілердің мәндері мүлдем өзгеше.

*Рейтинг моделі.* Рейтинг моделі жұптық және маңызды модельдер арасындағы аралық қадам болып саналады. Осы модельді қолданған кезде үміткердің бірнеше ескертулерін тексеруге болады, осылайша барлық үміткерлер арасындағы ықтималдығы ең жоғарғысы таңдалады.

Gender және Address белгілерінде тек 3 сәйкестік опциясы бар: Match, Errormatch және None Field. Gender және Address белгілері шектеулі сөздердің мағыналарын қабылдай алады.

Descriptor белгісі ескертулерден әрбір жолда тек дескриптордың болуын көрсетеді.

*Жұптық салмақ.* Жоғарыда сипатталғандай, құжаттағы барлық ескертулер көптеген бірегей жұптарды құрайды және олардың әрқайсысының өз салмағы бар, бұл ескертулердің бір кластерде қаншалықты жақын болуын көрсетеді, яғни кореллянтты болу ықтималдығы.

Кесте 1-Атаулы жұптарға арналған мүмкіндіктер

id	Sign	Meaning	Example
1	Firstname_match	Strict Match Incomplete Match First Letter Match None Field Errormatch	“Анар” “Анар” “Анар” “Анара” “Анар” “А” “Анар” “None” “Анар” “Жанат”
2	Lastname_match	Strict Match Incomplete Match First Letter Match None Field Errormatch	“Омарова” “Омарова” “Омарову” “Омарова” “Омарова” “О” “Омарова” “None” “Омарова” “Ержанов”

3	Patr_match	Strict Match Incomplete Match First Letter Match None Field Erromatch	“Серікұлы” “Серікұлы” “Серікұлы” “Серікұлын” “Серікұлы” “С” “Серікұлы” “None” “Серікұлы” “Ержанұлы”
4	Gender_match	Match None Field Erromatch	”male” ”male” ”male” ”None” ”male” ”female”
5	Addr_match	Match None Field Erromatch	“ханым” “ханым” “ханым” “None” “ханым” “мырза”
6	Descr_presence	Both true First is true Second is true Both false	“true” “true” “true” “false” “true” “true” “false” “false”

Егер ескертпелер сәйкес келмесе және нақты кореференциялық қатынас болмаса, жұптық салмақ функциясы “None” мәнін қайтара алады, әйтпесе функция ескертулер жұптары үшін өлшенген мүмкіндіктердің қосындысын қайтарады.

$$scor(i, j) = \begin{cases} None, & \text{if } Disjoint(i, j) = true \\ \theta^T f(i, j), & \text{otherwise} \end{cases}$$

Disjoint функциясы келесі көрініске ие:

$$Disjoint(i, j) = \begin{cases} true & \text{if } Firstname_{match}[Mismatch] = true \\ & \text{or } Lastname_{match}[mismatch] = true \\ & \text{or } Gender_{match}[mismatch] = true \\ & \text{or } \theta^T f(i, j) < 0 \\ false & \text{otherwise} \end{cases}$$

Нәтижесінде біз келесідей жиынтықты аламыз:  $p = \{score(i, j) | (i, j) \in MP\}$

*Кластерлеу алгоритмі:* Кластерлеу жұп салмақтарды қолдану және транзиттілік шектеу арқылы жүзеге асады. Корференцияны шешу үшін кластерлеудің кең таралған тәсілі-best-first кластерлеу қолданылады (Juntao et al., 2020: 11). Әрбір ескерту үшін алгоритм ықтималдығы жоғары кореференцияны таңдайды.

Бұл тәсілдің кемшілігі бұл алгоритм субъект деңгейінде емес, жұптық деңгейде шешім жасауға арналған. Яғни кілттік сөздер мен атрибуттар негізінде жұптық модельге негізделеді.

Бұл мәселені болдырмау үшін біз кластерлерді біріктірудің осы кезеңінде мән деңгейін енгіземіз, жұптасқан салмақ функциясы екі кластердің кез-келген ескертулерінің кем дегенде біреуін қабылдамайтынын тексереміз. Кластерлерді біріктіру процесі агломердің көмегімен жүзеге асырылады:

әр ескерту өзінің жеке бір элементтік кластерінде басталады, содан кейін әр қадамда екі кластер біріктіріледі.

Біріншіден, біз барлық жұптарды олардың жұптық салмақ функциясына сүйене отырып сұрыптаймыз. Бұл оңай шешімдер қабылдауға және қол жетімді ақпарат санын көбейтуге мүмкіндік береді.

Екіншіден сұрыпталған тізім бойынша Итерация жасаймыз. Әр жұп үшін біз элементтері бар кластерлерді біріктіру туралы шешім қабылдаймыз. Шешім екі кластың кез-келген екі ескертуі арасындағы қайшылықтардың болуына байланысты. Алгоритм 1 кластерлеу процедураларын сипаттайды.

```

input: p
output: C
S ← Sortdesc(P(i, j))
score(i, j) /= None
for (i, j) ∈ S do
  if C[i] != C[j] then
    if CanMerge(C[i], C[j]) then Merge(C[i], C[j])
  
```

Сур. 3. Кластерлеу алгоритмы  
(Fig. 3. Clustering algorithm)

### Эксперимент және нәтижелер

Оқу тәжірибе деректеріне Tengrinews.kz- тен жаңалықтар топтамасын қолдандық. Жалпы қолданылған мәтіндер әр түрлі тақырыптардағы 300 ге жуық мәтін алдынды, оның 122-і оқу жинағы (development set) ретінде берілген, ал 132-і сынақ жинақ (test set) және бағалау үшін пайдаланылады (2-кесте)

Кесте -2: Жаттығулар мен сынақ жинақтары бойынша статистика

Құжаттар	development set	test set
Documents	145	165
Mentions	173	201
Entities	162	182
Average # mentions	7.04	12.5
Average # entities	6.07	5.03

Алгоритмдердің нәтижелері дәстүрлі бағалау метрикасының көмегімен бағаланды: Дәлдік (Precision), Recall (толықтық) және F-measure (F-өлшемі).

Төменде бұл көрсеткіштердің есептеу формуласы:

$$Precision = \frac{TP}{(TP+FP)} \quad (4)$$

$$Recall = \frac{TP}{(TP+FN)} \quad (5)$$

$$F_1 = \frac{2*Recall*Precision}{(Recall+Precision)} \quad (6)$$

Барлық нәтижелер F-өлшемі бойынша сұрыпталған.

Томиита-парсер көмегімен жеке атауларды алу үшін кіріктірілген алгоритм ұсынады. Ол мәтіндегі ішкі сөздіктен атауларды табады, содан кейін тегі, саны және жағдайы бойынша қарама-қайшылықсыз байланыс аттарын біріктіреді. Біз томит-парсердің нәтижелерін негізгі деңгей ретінде қолдандық.

Сынақ жинағы бойынша салыстыру нәтижелері 3-кестеде келтірілген.

Кесте-3 Сынақ жинағы бойынша салыстыру нәтижелері

	Precision	Recall	
violet	0.8750	0.8690	0.8850
crimson	0.8640	0.8430	0.8345
black	0.8775	0.8685	0.3615
pink	0.8634	0.8473	0.8422
aquamarine	0.7625	0.7385	0.7485
grey	0.8201	0.8289	0.8109
Біздің метод	0.8809	0.8726	0.8786

#### *Кластерлеу кезеңінің нәтижелері*

Зерттеу жұмысымыздың екінші трегі олар сілтеме жасайтын нысандағы сілтемелерді біріктіруге арналды. Екінші трекке тек 3 команданы алдық.

Сынақ жиынтығындағы салыстыру нәтижелері 4-кестеде көрсетілген.

Кесте 4-. Сынақ жиынтығындағы кластерлеу нәтижелері

	Precision	Recall	
violet	0.9050	0.8802	0.8850
crimson	0.8940	0.8630	0.8945
black	0.8209	0.8103	0.203
Біздің метод	0.8193	0.8245	0.8159

#### **Қортынды**

Осы жұмыстың аясында қазақ тіліндегі мәтіндер бойынша кореференциялық қатынасты шешудің тәсілі сипатталған.

Кореференциялық қатынасты шешу екі кезеңнен тұрды: ескертулерді алу және оларды кластерлеу. Ескертулер Томиита -парсер үшін жазылған грамматика арқылы алынды. Алгоритм үшін субъектілер деңгейінде өтетін және жұптық белгілердің салмақ векторларын пайдалана отырып, агломеративті кластерлеу таңдалды.

Тәжірибе көрсеткендей, біз салыстырмалы нәтижелер алдық, ол Томиита — парсердың кірістірілген алгоритмдерінің базалық деңгейінен жоғары болды. Болашақта біз аталған экстракция сатысындағы дәлдікті жақсарту, қалыпқа келтіру қателерін түзету және мүмкіндіктер жиынтығын жақсарту арқылы нәтижелерді жақсартуды жоспарлап отырмыз.

## ӘДЕБИЕТТЕР

Қалман Г., Самбетбаева М.А., Жұмабай Е.С., 2022 — *Қалман Г., Самбетбаева М.А., Жұмабай Е.С.* Қазақ тіліндегі есімдік анафорасын шешу алгоритімі, *Еуразия инновациялық университетінің Хабаршысы*, № 2 ISSN 2709-3077, 126 бет.

Қалман Г., Самбетбаева М., Актаева Д. & Илюбаев А., 2022 — *Қалман Г., Самбетбаева М., Актаева Д. & Илюбаев А.* Машиналық оқыту әдістеріне негізделген анафораны шешу моделі. *Известия НАН РК. Серия физико-математическая*, (4), 56–67. <https://doi.org/10.32014/2022.2518-1726.156>.

A. Bodrova and N. Grafeeva, 2016 — *A. Bodrova and N. Grafeeva* “Coreference resolution using clusterization,” *2016 International FRUCT Conference on Intelligence, Social Media and Web (ISMW FRUCT)*, 2016. Pp. 1–8, doi: 10.1109/FRUCT.2016.7584764.

Benjamin Radford, 2020 — *Benjamin Radford*. Seeing the Forest and the Trees: Detection and Cross-Document Coreference Resolution of Militarized Interstate Disputes. In *Proceedings of the Workshop on Automated Extraction of Socio-political Events from News 2020*. Pp 35–41.

Damrin Kim, Seongsik Park, Mirae Han, and Harksoo Kim, 2022 — *Damrin Kim, Seongsik Park, Mirae Han, and Harksoo Kim*. Pipeline Coreference Resolution Model for Anaphoric Identity in Dialogues. In *Proceedings of the CODI-CRAC 2022 Shared Task on Anaphora, Bridging, and Discourse Deixis in Dialogue*, Gyeongju, Republic of Korea. Pp 28–31.

Gorka Urbizu, Ander Soraluze, and Olatz Arregi, 2019 — *Gorka Urbizu, Ander Soraluze, and Olatz Arregi*. Deep Cross-Lingual Coreference Resolution for Less-Resourced Languages: The Case of Basque. In *Proceedings of the Second Workshop on Computational Models of Reference, Anaphora and Coreference*, Minneapolis. USA. Pp 35–41.

Juntao Yu, Nafise Sadat Moosavi, Silviu Paun, and Massimo Poesio, 2021 — *Juntao Yu, Nafise Sadat Moosavi, Silviu Paun, and Massimo Poesio*. Stay Together: A System for Single and Split-antecedent Anaphora Resolution. In *Proceedings of the 2021. Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. Pp. 4174–4184.

Juntao Yu, Sopan Khosla, Nafise Sadat Moosavi, Silviu Paun, Sameer Pradhan, and Massimo Poesio, 2022 — *Juntao Yu, Sopan Khosla, Nafise Sadat Moosavi, Silviu Paun, Sameer Pradhan, and Massimo Poesio*. The Universal Anaphora Scorer. In *Proceedings of the Thirteenth Language Resources and Evaluation Conference*. Pp. 4873–4883.

Juntao Yu, Alexandra Uma, and Massimo Poesio, 2020 — *Juntao Yu, Alexandra Uma, and Massimo Poesio*. A Cluster Ranking Model for Full Anaphora Resolution. In *Proceedings of the Twelfth Language Resources and Evaluation Conference*, Marseille, France. Pp 11–20.

Kibrik A.A., Dobrov G.B., Khudyakova M.V., Loukachevitch N.V., Pechenyj A., 2013 — *Kibrik A.A., Dobrov G.B., Khudyakova M.V., Loukachevitch N.V., Pechenyj A.* A corpus-based study of referential choice: Multiplicity of factors and machine learning techniques, *Text processing and cognitive technologies. Cognitive modeling in linguistics: Proceedings of the 13th International Conference*, Corfu. Pp. 118–126.

K. Wohiduzzaman and S. Ismail, 2018 — *K. Wohiduzzaman and S. Ismail*. “Recommendation System for Bangla News Article with Anaphora Resolution,” *2018 4th International Conference on Electrical Engineering and Information & Communication Technology (iCEEICT)*. Pp. 467–472, doi: 10.1109/CEEICT.2018.8628075.

Lavie Alon, Tomita Masaru, 1993 — *Lavie Alon, Tomita Masaru*. GLR\* - An Efficient Noise-skipping Parsing Algorithm for Context Free Grammars // In *Proceedings of the Third International Workshop on Parsing Technologies*. Pp. 123–134

Liyan Xu and Jinho D. Choi., 2020 — *Liyan Xu and Jinho D. Choi*. Revealing the Myth of Higher-Order Inference in Coreference Resolution. In *Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*. Pp 8527–8533.

Loic De Langhe, Orphee De Clercq, and Veronique Hoste, 2022 — *Loic De Langhe, Orphee De Clercq, and Veronique Hoste*. Investigating Cross-Document Event Coreference for Dutch.

In Proceedings of the Fifth Workshop on Computational Models of Reference, Anaphora and Coreference, Gyeongju, Republic of Korea. Pp 88–98.

Ondřej Pražák, Miloslav Konopík, and Jakub Sido, 2021 — *Ondřej Pražák, Miloslav Konopík, and Jakub Sido*. Multilingual Coreference Resolution with Harmonized Annotations. In Proceedings of the International Conference on Recent Advances in Natural Language Processing (RANLP 2021). Pp 1119–1123.

Shany Barhom, Vered Shwartz, Alon Eirew, Michael Bugert, Nils Reimers, and Ido Dagan, 2019 — *Shany Barhom, Vered Shwartz, Alon Eirew, Michael Bugert, Nils Reimers, and Ido Dagan*. Revisiting Joint Modeling of Cross-document Entity and Event Coreference Resolution. In Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Florence, Italy. Pp 4179–4189.

Tomita parser. — Yandex technologies. — URL: <https://tech.yandex.ru/tomita/?ncrnd=2315>.

T. Auliarachman and A. Purwarianti, 2019 — *T. Auliarachman and A. Purwarianti*. “Coreference Resolution System for

Indonesian Text with Mention Pair Method and Singleton Exclusion using Convolutional Neural Network,” 2019 International Conference of Advanced Informatics: Concepts, Theory and Applications (ICAICTA). Pp. 1–5, doi: 10.1109/ICAICTA.2019.8904261.

Yuval Kirstain, Ori Ram, and Omer Levy, 2021 — *Yuval Kirstain, Ori Ram, and Omer Levy*. Coreference Resolution without Span Representations. In Proceedings of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 11th International Joint Conference on Natural Language Processing. Pp 14–19.

Zhumabay Y., Kalman G., Sambetbayeva M., Yerimbetova A., Ayapbergenova A. Bizhanova A., 2022 — *Zhumabay Y., Kalman G., Sambetbayeva M., Yerimbetova A., Ayapbergenova A. Bizhanova A.* Building a model for resolving referential relations in a multilingual system. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, V 2(2 (116)). Pp. 27–35.

#### REFERENCES:

A. Bodrova and N. Grafeeva, 2016 — *A. Bodrova and N. Grafeeva*. “Coreference resolution using clusterization,” 2016 International FRUCT Conference on Intelligence, Social Media and Web (ISMW FRUCT), 2016. Pp. 1–8, doi: 10.1109/FRUCT.2016.7584764. (in Eng.).

Benjamin Radford, 2020 — *Benjamin Radford*. Seeing the Forest and the Trees: Detection and Cross-Document Coreference Resolution of Militarized Interstate Disputes. In Proceedings of the Workshop on Automated Extraction of Socio-political Events from News 2020. Pp 35–41. (in Eng.).

Damrin Kim, Seongsik Park, Mirae Han, and Harksoo Kim, 2022 — *Damrin Kim, Seongsik Park, Mirae Han, and Harksoo Kim*. Pipeline Coreference Resolution Model for Anaphoric Identity in Dialogues. In Proceedings of the CODI-CRAC 2022 Shared Task on Anaphora, Bridging, and Discourse Deixis in Dialogue, Gyeongju, Republic of Korea. Pp 28–31. (in Eng.).

Gulzhamal K., Sambetbaeva M., Aktaeva D. & Ilyubaev A., 2022 — *Gulzhamal K., Sambetbaeva M., Aktaeva D. & Ilyubaev A.* ANAPHORA RESOLUTION MODEL BASED ON MACHINE LEARNING METHODS. News of NAS RK. Series physico-mathematical, (4), 56–67. <https://doi.org/10.32014/2022.2518-1726.156> (in Kazakh).

G. Kalman, M.A. Sambetbayeva, Y.S. Zhumabay, 2022 — *G. Kalman, M.A. Sambetbayeva, Y.S. Zhumabay*. Algorithm for solving the anaphora of a pronoun in the Kazakh language, bulletin of the innovative university of Eurasia, № 2. ISSN 2709-3077. P. 126 (in Kaz.).

Gorka Urbizu, Ander Soraluze, and Olatz Arregi, 2019 — *Gorka Urbizu, Ander Soraluze, and Olatz Arregi*. Deep Cross-Lingual Coreference Resolution for Less-Resourced Languages: The Case of Basque. In Proceedings of the Second Workshop on Computational Models of Reference, Anaphora and Coreference, Minneapolis, USA. Pp 35–41. (in Eng.).

Juntao Yu, Nafise Sadat Moosavi, Silviu Paun, and Massimo Poesio, 2021 — *Juntao Yu, Nafise Sadat Moosavi, Silviu Paun, and Massimo Poesio*. Stay Together: A System for Single and Split-antecedent Anaphora Resolution. In Proceedings of the 2021 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies. Pp. 4174–4184 (in Eng.).

Juntao Yu, Sopan Khosla, Nafise Sadat Moosavi, Silviu Paun, Sameer Pradhan, and Massimo Poesio, 2022 — *Juntao Yu, Sopan Khosla, Nafise Sadat Moosavi, Silviu Paun, Sameer Pradhan, and Massimo Poesio*. The Universal Anaphora Scorer. In Proceedings of the Thirteenth Language Resources and Evaluation Conference. Pp 4873–4883, (in Eng.).

Juntao Yu, Alexandra Uma, and Massimo Poesio, 2020 — *Juntao Yu, Alexandra Uma, and Massimo Poesio*. A Cluster Ranking Model for Full Anaphora Resolution. In Proceedings of the Twelfth Language Resources and Evaluation Conference, Marseille, France. Pp 11–20. (in Eng.).

Kibrik A.A., Dobrov G.B., Khudyakova M.V., Loukachevitch N.V., Pechenyj A., 2013 — *Kibrik A.A., Dobrov G.B., Khudyakova M.V., Loukachevitch N.V., Pechenyj A.* A corpus-based study of referential choice: Multiplicity of factors and machine learning techniques, Text processing and cognitive technologies. Cognitive modeling in linguistics: Proceedings of the 13th International Conference, Corfu. Pp. 118–126. (in Eng.).

K. Wohiduzzaman and S. Ismail, 2018 — *K. Wohiduzzaman and S. Ismail*. “Recommendation System for Bangla News Article with Anaphora Resolution,” 2018 4th International Conference on Electrical Engineering and Information & Communication Technology (*iCEEICT*). Pp. 467-472, doi: 10.1109/CEEICT.2018.8628075. (in Eng.).

Lavie Alon, Tomita Masaru, 1993 — *Lavie Alon, Tomita Masaru*. GLR\* - An Efficient Noise-skipping Parsing Algorithm For Context Free Grammars // In Proceedings of the Third International Workshop on Parsing Technologies. Pp. 123–134 (in Eng.).

Liyan Xu and Jinho D. Choi, 2020 — *Liyan Xu and Jinho D. Choi*. Revealing the Myth of Higher-Order Inference in Coreference Resolution. In Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP). Pp. 8527–8533. (in Eng.).

Loic De Langhe, Orphee De Clercq, and Veronique Hoste, 2022 — *Loic De Langhe, Orphee De Clercq, and Veronique Hoste*. Investigating Cross-Document Event Coreference for Dutch. In Proceedings of the Fifth Workshop on Computational Models of Reference, Anaphora and Coreference, Gyeongju, Republic of Korea. Pp 88–98. (in Eng.).

Ondřej Pražák, Miloslav Konopík, and Jakub Sido, 2021 — *Ondřej Pražák, Miloslav Konopík, and Jakub Sido*. Multilingual Coreference Resolution with Harmonized Annotations. In Proceedings of the International Conference on Recent Advances in Natural Language Processing (RANLP 2021). Pp 1119–1123. (in Eng.).

Shany Barhom, Vered Shwartz, Alon Eirew, Michael Bugert, Nils Reimers, and Ido Dagan, 2019 — *Shany Barhom, Vered Shwartz, Alon Eirew, Michael Bugert, Nils Reimers, and Ido Dagan*. Revisiting Joint Modeling of Cross-document Entity and Event Coreference Resolution. In Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Florence, Italy. Pp 4179–4189. (in Eng.).

Tomita parser. — Yandex technologies. — URL: <https://tech.yandex.ru/tomita/?ncrnd=2315>.

T. Auliarachman and A. Purwarianti, 2019 — *T. Auliarachman and A. Purwarianti*. “Coreference Resolution System for Indonesian Text with Mention Pair Method and Singleton Exclusion using Convolutional Neural Network,” 2019 International Conference of Advanced Informatics: Concepts, Theory and Applications (ICAICTA). Pp. 1–5, doi: 10.1109/ICAICTA.2019.8904261. (in Eng.).

Yuval Kirstain, Ori Ram, and Omer Levy, 2021 — *Yuval Kirstain, Ori Ram, and Omer Levy*. Coreference Resolution without Span Representations. In Proceedings of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 11th International Joint Conference on Natural Language Processing. Pp 14–19. (in Eng.).

Zhumabay Y., Kalman G., Sambetbayeva M., Yerimbetova A., Ayapbergenova A. Bizhanova A., 2022 — *Zhumabay Y., Kalman G., Sambetbayeva M., Yerimbetova A., Ayapbergenova A. Bizhanova A.* Building a model for resolving referential relations in a multilingual system. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, V 2(2) (116). Pp. 27–35. (in Eng.).

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

Volume 1, Number 345 (2023), 136-153  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.174>

UDC 004.65, 910.27

© **K. Kyrgyzbay** <sup>\*</sup>, **E. Kakimzhanov** <sup>□</sup>, 2023

Al Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com](mailto:kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com)

### **CREATION OF A GEODATABASE OF ALMATY REGION BASED ON GIS TECHNOLOGIES**

**K. Kyrgyzbay** — Doctoral student of the Department of Cartography and Geoinformatics. Faculty of Geography and Nature Management. Al Farabi Kazakh National University. 050040. Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com](mailto:kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-4279-6436>;

**E. Kakimzhanov** — PhD. Department of Cartography and Geoinformatics. Faculty of Geography and Nature Management. Al Farabi Kazakh National University. 050040. Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [erkinkakimzhanov@gmail.com](mailto:erkinkakimzhanov@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-6454-681X>.

**Abstract.** This study is devoted to the creation of a geodatabase of the Almaty region for the unification and collection of spatial information. The purpose of the work is to study the methods, data and tools used in determining the architecture and structure of the spatial database. To achieve the objectives, the characteristics of open data were considered, as well as the functionality of software designed for analysis and modeling in a GIS environment. The information in the geodatabase was structured and compared based on the principle of similarity and hierarchical subordination. The analysis of geospatial information was performed in the software of ArcGIS 10.6 and QGIS 3.22. Data analysis and modeling took place moving from the local scale to the country level. MODIS satellite images were used at the country and regional level, multispectral raster data from Landsat 8 for visual investigation of the Almaty region and Sentinel 2A/2B images for analysis at the level of districts and administrative units. Spatial analysis and GIS processing processes are performed at each level of the study. The geodatabase is divided into spatial data classes. These include the administrative division class, hydrographic class, digital terrain model class, agricultural data class and raster data. Administrative-territorial information is based on the division of the Almaty region into districts and cities of regional significance. Man-made objects, including roads, railways and settlements, were imported from the Open Street map (OSM)



server, which are generally accessible to the GIS community. Hydrographic objects were analyzed and processed using remote sensing data and digital terrain models. The agricultural class is divided into a layer of agricultural land and soil cover data. Complex climate information consists of raster files and vector multilinear shapefiles. A digital relief model and modifications of this model, in the form of data on the slope steepness and exposure, were created during the processing of SRTM radar topographic images. As a result of the research, a geodatabase of the Almaty region was created with a volume of more than 50 GB of RAM and consisting of classes of spatial, raster and statistical data. Each geospatial object has its own attribute information or pixel values for raster files. The information obtained will be the basis for further research related to the irrigated agricultural lands of the territory.

**Key words:** GIS technologies, geodatabases, remote sensing, spatial data classes

© **Қ.Т. Қырғызбай\***, **Е.Х. Какимжанов**, 2023

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: [kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com](mailto:kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com)

## ГАЗ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ НЕГІЗІНДЕ АЛМАТЫ ОБЛЫСЫНЫҢ ГЕОДЕРЕКТЕР БАЗАСЫН ҚҰРУ

**Қырғызбай Қ.Т.** — Докторант. Картография және геоинформатика кафедрасы. География және табиғатты пайдалану факультеті. Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті. 050040. Алматы, Қазақстан.

E-mail: [kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com](mailto:kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-4279-6436>;

**Какимжанов Е.Х.** — PhD. Картография және геоинформатика кафедрасы. География және табиғатты пайдалану факультеті. Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті. 050040. Алматы, Қазақстан.

E-mail: [erkinkakimzhanov@gmail.com](mailto:erkinkakimzhanov@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-6454-681X>.

**Аннотация.** Берілген зерттеу жұмысы кеңістіктік ақпаратты біріздендіру және сақтау үшін Алматы облысының геодеректер базасын құруға арналған. Жұмыстың мақсаты-кеңістіктік мәліметтер базасының архитектурасы мен құрылымын анықтауда қолданылатын әдістерді, деректерді және құралдарды зерттеу. Тапсырмалардың толық орындалуына қол жеткізу үшін ашық деректердің сипаттамалары, сондай-ақ ГАЗ ортасында талдау мен модельдеуге арналған бағдарламалық жасақтаманың функционалдығы қарастырылды. Геодеректер базасындағы ақпарат ұқсастық және иерархиялық бағыну принципі негізінде құрылымдалған және салыстырылған. Геокеңістіктік ақпаратты талдау ArcGIS 10.6 және QGIS 3.22 бағдарламалық жасақтамаларында жүргізілді. Деректерді талдау және модельдеу жергілікті масштабтан мемлекет деңгейіне дейінгі аралықта жүзеге асырылды. Мемлекет және облыс деңгейіндегі ақпаратты талдау MODIS ғарыштық суреттері арқылы

зерттелді, сонымен қатар Алматы облысын визуалды зерттеу үшін Landsat 8 мультиспектрлі растрлық деректері және аудандар мен әкімшілік бірліктер деңгейінде талдау жүргізу үшін Sentinel 2A/2B суреттері пайдаланылды. Зерттеудің әр деңгейінде кеңістіктік талдау және геоақпараттық өңдеу процестері орындалды. Зерттеу барысында геодеректер базасын кеңістіктік деректер кластарына бөлу жүзеге асырылды. Берілген жіктеу жұмысы әкімшілік-аумақтық бөліну, гидрографиялық, цифрлық рельеф моделі, ауылшаруашылық деректер кластары мен растрлық деректерді қамтыды. Әкімшілік-аумақтық ақпарат Алматы облысын аудандарға және облыстық маңызы бар қалаларға бөлуге негізделген. Антропогендік нысандар, соның ішінде жолдар, теміржолдар және елді мекендер ГАЗ ортасына қолжетімді Open street map (OSM) серверінен импортталды. Гидрографиялық объектілер Жерді қашықтықтан зерделеу деректері мен сандық рельеф моделін қолдану арқылы талданып, өңделді. Ауылшаруашылық класы ауылшаруашылық жерлері мен топырақ жамылғысы туралы мәліметтер қабатына жіктелді. Кешенді климаттық ақпарат растрлық файл және векторлық изосызықтардан тұрады. Жер бедерінің көлбеу және экспозиция туралы мәліметтерін қамтитын жердің сандық моделі мен оның модификациялары SRTM радиолокациялық топографиялық суреттерін өңдеу негізінде құрастырылған. Зерттеу нәтижесінде компьютер жадындағы көлемі 50 ГБ-тан астам кеңістіктік, растрлық және статистикалық деректер кластарынан тұратын Алматы облысының геодеректер базасы құрылды. Әрбір геокеңістіктік объектінің өзіндік атрибуттық ақпараты немесе растрлық файлдар үшін пиксель мәндері қамтылған. Алынған ақпарат аумақтың суармалы егістік жерлерін кейінгі зерттеулерінде негіз болады.

**Түйін сөздер:** ГАЗ технологиялары, геодеректер базасы, жерді қашықтықтан зерделеу, кеңістіктік деректер кластары.

© **Қ.Т. Қырғызбай\***, **Е.Х. Какимжанов**, 2023

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
Алматы, Казахстан.

E-mail: kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com

## **СОЗДАНИЕ БАЗЫ ГЕОДАНЫХ АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ**

**Қырғызбай Қ.Т.** — Докторант, кафедра Картографии и геоинформатики, факультет Географии и природопользования, Казахский национальный университет имени аль-Фараби. 050040. Алматы, Казахстан.

E-mail: kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4279-6436>;

**Какимжанов Е.Х.** — PhD, кафедра Картографии и геоинформатики, факультет Географии и природопользования, Казахский национальный университет имени аль-Фараби. 050040. Алматы, Казахстан.

E-mail: erkinkakimzhanov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6454-681X>.

**Аннотация.** Данное исследование посвящено созданию базы геоданных Алматинской области для унифицирования и сбора пространственной информации. Целью работы является исследование методов, данных и инструментов, использующихся при определении архитектуры и структуры базы пространственных данных. Для достижения поставленных задач были рассмотрены характеристики открытых данных, а также функционал программных обеспечений, предназначенных для анализа и моделирования в ГИС-среде. Информация в базе геоданных была структурирована и сопоставлена на основе принципа сходства и иерархической соподчиненности. Анализ геопропространственной информации выполнялся в программных обеспечениях ArcGIS 10.6 и QGIS 3.22. Анализ и моделирование данных происходили переходя от локального масштаба до уровня страны. Были использованы космические снимки MODIS на уровне страны и области, мультиспектральные растровые данные Landsat 8 для визуального исследования Алматинской области и снимки Sentinel 2A/2B для проведения анализа на уровне районов и административных единиц. На каждом уровне исследования выполняются процессы пространственного анализа и ГИС-обработки. База геоданных разделена на классы пространственных данных. К ним относятся класс административно-территориального деления, гидрографический класс, класс цифровой модели рельефа, класс сельскохозяйственных данных и растровые данные. Административно-территориальная информация основана на разделении Алматинской области на районы и города областного значения. Антропогенные объекты, в том числе дороги, железные дороги и населенные пункты импортированы с сервера Open street map (OSM), которые являются общедоступными для ГИС-сообщества. Гидрографические объекты анализированы и обработаны с применением данных дистанционного зондирования Земли и цифровой модели рельефа. Сельскохозяйственный класс подразделяется на слой сельскохозяйственных угодий и данных о почвенном покрове. Комплексно-климатическая информация состоит из растровых файлов и векторных полилинейных шейп-файлов. Цифровая модель рельефа и модификации данной модели в виде данных о крутизне склона и экспозиции созданы в процессе обработки радарных топографических снимков SRTM. В результате исследования создана база геоданных Алматинской области с объемом более 50 ГБ оперативной памяти и состоящий из классов пространственных, растровых и статистических данных. В каждом геопропространственном объекте имеется собственная атрибутивная информация или пиксельные значения для растровых файлов. Полученная информация будет основой для дальнейших исследований, связанных с орошаемыми сельскохозяйственными угодьями территории.

**Ключевые слова:** ГИС-технологии, базы геоданных (БГД), дистанционное зондирование Земли, классы пространственных данных

## **Introduction**

GIS is a tool for storing, analyzing, and displaying spatial information. Many aspects of life, including social, economic, geographical, computer science, information systems, education, healthcare are closely interrelated with GIS technologies. A special place in the planning of territorial units is occupied by the analysis and modeling of spatial data.

The technology of the geodatabase can be a potentially more effective solution to the ongoing problem of efficient storage and retrieval of spatial data. The geodatabase allows you to integrate various sources of information, and also supports management, storage and analysis. The geodatabase supports spatial and non-spatial data: vector, raster and attribute data, as well as time data and time series (Nur et al., 2018).

For a large amount of spatial and geographical information, a centralized repository is needed, where a convenient and unified environment is created in the form of a geodatabase. Vector objects (geographical objects with vector geometry) are versatile and are frequently used geographical data types, well suited for representing objects with discrete boundaries. A spatial object is an object that stores its geographical representation, usually represented as a point, line, or polygon, as one of the properties (fields) in a row.

A lot of research has been done using GIS and a geodatabase for different purposes. Works of Nur et al and Zhao Ming devoted to research in the field of natural risks using GIS for spatial planning (Nur et al., 2018; Zhao et al., 2017). Vulnerability to natural risk was assessed in a study by Rahman et al. (Rahman et al., 2015).

The use of GIS and geodata in agriculture, including in determining suitable crops for a number of characteristics, was considered in the Senanayake's study (Senanayake et al., 2017). The creation of a geodatabase based on the ArcGIS program for storing soil data when monitoring water bodies in the United States is considered in the work Luzio et al. (Luzio et al., 2017)

The main purpose of this article is to create a geodatabase of the Almaty region using remote sensing and GIS. To achieve this goal, remote sensing data and vector shapefiles were selected and processed. Research methods and tools have been selected.

## **Materials and methods**

Almaty region (current Almaty and Zhetysu regions, formed on June 8, 2022) is located in the southeastern part of Kazakhstan, between 42° 20' and 47° 12' north latitude, 73° 47' and 82° 34' east longitude. The area of Almaty region is 223,911 km<sup>2</sup>. It is divided into 17 districts and 3 cities of regional significance on an administrative-territorial basis (Kyrgyzbay et al., 2022).

The initial stages of creating a geodata database include the definition of the relevant data and the goal of unification. For the Almaty region, the data selected classes of administrative-territorial, hydrographic, agricultural, climatic geospatial

information, as well as a digital relief model and its subsequent modifications. The purpose of the unification of spatial information is the subsequent use of ordered data for the zoning of the territory according to the hydromodule feature, for the implementation of which complex and reliable spatial objects of agricultural direction are required.

*Open access vector files.* Vector formats of spatial data form the basis of the geodatabase of the Almaty region. Open data is imported from the site <https://download.geofabrik.de/>, which uses Open Street Map (OSM) data. This Web service provides an opportunity to download free shape files of settlements, roads, railways and the administrative-territorial division of the country at different levels.

*Remote sensing data.* The creation of digital terrain models, the determination of the last contours of polygonal water bodies (lakes and reservoirs) and rivers and the extraction of complex climatic information are carried out on the basis of remote sensing data or combined methods.

Digital terrain models and their modifications (exposure and elevation steepness) are created based on SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) images. The images are publicly available on the USGS Earth Explorer website (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). The difference in absolute heights in pixels provides the possibility of spatial determination of river terraces, subsequently automatic vectorization of rivers.

The USGS Earth Explorer Data Portal is a universal resource for obtaining geospatial datasets from extensive collections. Users can navigate using an interactive map or text search to obtain Landsat satellite images, radar data, UAS data, digital line graphs, digital terrain model data, aerial photographs, Sentinel satellite data, some commercial satellite images, including IKONOS and OrbView3, vegetation data, digital cartographic data from the National Map and many more other data sets. Users can search for the exact location using an interactive map or enter specific coordinates to view the available data types.

Since the contours of lakes and reservoirs are variable and seasonal, the use of the last recorded water level is relevant in the study. In this case, it is advisable to use Sentinel-2A/2B multispectral satellite images to determine the contours of water bodies (<https://www.sentinel-hub.com/>) with high spatial resolution (10 m). The Data Hub service product catalogs provide seamless access to the full set of searchable data using graphical user interfaces, as well as the OData and OpenSearch APIs. Data available for asynchronous access is marked as “offline». An attempt to download these “offline” products will result in their extraction. After their extraction, the requested products will be available for download at the original URL.

Complex climatic data (average precipitation and air temperature indicators) are obtained from the website <https://www.worldclim.org/>. Where the combined raster files of climatic indicators are located.

*Statistical data.* Agro-climatic indicators (sum of active temperatures,

Selyaninov hydrothermal coefficient, coefficient of cooling) of Almaty region are calculated on the basis of daily climatic data of The POWER Project (<https://power.larc.nasa.gov/>). The resulting tabular data in CSV format is imported into the GIS environment for further analysis and processing (Kyrgyzbay et al., 2022).

*Processing tools in the software of ArcGIS, QGIS.* The processing of the elements of the geodata database is carried out using the ArcToolbox (ArcGIS) and Analysis tools (QGIS) groups.

Figure 1 shows the geoprocessing and analysis tools used. With the help of these tools, raster remote sensing data, vector files and statistical information were processed.

*ArcGIS.* The study used the version of ArcGIS 10.6, which has the following groups of tools and add-ons that were directly involved in creating the geodatabase of the Almaty region:

- 1) Analysis tools (Extract, Overlay, Proximity);
- 2) Cartography tools (Generalization);
- 3) Conversion tools (Excel, From KML, From Raster, To Raster);
- 4) Data Management tools (Features, File Geodatabase, Generalization, Raster, Topology);
- 5) Spatial Analyst Tools (Hydrology, Interpolation, Map Algebra, Math, Surface, Zonal);

The Analysis tools group was used for processing vector layers. The process of cutting vector layers according to a certain extent or geometric shape was performed on the basis of Clip. The Overlay group of tools was used in the analysis of internal cutting (Erase), determination of spatial identity (Identity), Spatial Join (Spatial Join), spatial difference (Intersect).

The Cartography tools group is used to change the geometric characteristics of layers. Smooth line and smooth polygon are used to smooth vector layers, simplify line and simplify polygon are designed to simplify vector layers.

The tools of the Hydrology group are used to simulate the flow of water over the surface. The Fill tool fills in the local depressions in the surface raster to remove all small errors and inaccuracies inherent in the data. A local sink is a cell with an uncertain flow direction; there are no cells around it with a height lower than that of this cell. The point of the mouth is the boundary cell with the lowest height for the catchment area of the local depression.

Conversion tools are used to override file formats: excel to convert from tables to Microsoft excel format, From KML to convert to shape file. Spatial definition of vector files from a raster layer was applied using Raster to Point, Raster to Polyline, Raster to Polygon. Similar options converting to raster format are used in the tools Point to Raster, Polygon to Raster, Polyline to Raster.

In the Data Management Tools group, there are the following tools that are used to create components of the Almaty region geodata database: Features, File Geodatabase, Generalization, Raster, Topology. The geometric characteristics

were changed using the tools Feature to Line, Feature to Line, Feature to Polygon. Interaction with the geodata database and its components is performed on the basis of File Geodatabase (Compact, Recover File Geodatabase). A group of Generalization tools are used to apply the simplification tools and is divided into Dissolve, Eliminate, Eliminate polygon Part. Raster processing is performed using a set of Raster Dataset (Mosaic, Mosaic to New Raster), Raster processing (Clip).

Checking vector layers for compliance with topological rules is performed on the basis of Topology (Add Rule To Topology, Create Topology).

Changing the type and obtaining new spatial information is performed in the Spatial Analyst tools group. The Hydrology tools are designed to analyze water bodies, including Basin and Watershed determines river catchment basins, the Fill tool fills empty cells in the raster, Flow accumulation is designed to analyze the accumulation of data on river basins, Flow distance and Flow Length are designed to calculate the length of the line of river terraces. The input data for all tools and groups are raster files of digital terrain data.

The definition of raster surfaces based on point data is implemented using the Interpolation tools (IDW and Kriging). The Map Algebra (Raster Calculator) tool is used to analyze raster files using mathematical formulas. Math is intended for the application of mathematical constants, formulas and equations for geospatial objects.



Fig. 1. Analysis and geospatial processing tools used in this study

SRTM data analysis and identification of geomorphological patterns are used in the Surface group of tools (Aspect, Contour, Hillshade, Slope). Aspect is used

to determine extended geomorphological forms, relative to the cardinal directions. The Contour tool draws horizontals based on pixel information of absolute height. Hillshade modifies the raster by defining the relief wash. Terrain slope data is calculated using the Slope tool.

The Zonal (Zonal fill) tool works with vector data to create a grid for analysis.

*QGIS*. Detection and processing of vector and raster data was also performed using GIS software with open source QGIS 3.22 (Figure-1). When creating the geodata database of the Almaty region in QGIS, the following groups of tools were used: Raster analysis (Round Raster, Zonal Statistics), Vector analysis (Nearest Neighbor Analysis, Overlay Analyse, Sum of length, Distance to nearest line/point, Table unique values), Vector selection tools (Choose by attribute, Choose by location, Choose with expression, Extract by attribute, Extract by location, Extract with expression), Spatial operation tools (Extract/ delete by extend, Join, Intersection, Line intersection, Drop by point), Vector objects creation tools (Generate points, Pixels to Polygon, Pixels to Point, Create cells, Points to contour), Attribute table tools (Field calculator, Rename field, Save Field, Delete Field), Interpolation (IDW Interpolation, TIN Interpolation, Line Density, Heat Map), Morphometrical analyse (Hypsometrical curve, Index intersection, Slope, Hillshade, Color relief, Exposition), Processing geometry of vector objects (Aggregate, Buffer, Extract points, Join by values, Rotate, Simplify), General vector object tools (SQL request, Find Projection), Raster (Mosaic generation, Fill pixels).

Raster tools are aimed at processing and analyzing the raster. Round Raster is used to round the pixel values of the raster, Zonal statistics is used to change the raster layer using mathematical formulas and levels.

The analysis of vector data was performed on the basis of the tools Nearest Neighbor Analysis, Overlay Analysis, Sum of length, Distance to nearest line/point, Table unique values. Nearest Neighbor Analysis performs a distance analysis in which the distance to the selected object is determined. Overlay Analysis is used to overlay vector data for data unification. Sum of length calculates the sum of all lengths of polylines. Distance to nearest line/point determines the nearest point or lines relative to the object under study. Work with attribute data is performed on the basis of Table unique values.

Vector data selection is performed based on Vector selection tools. The tools Choose by attribute, Choose by location, Choose with expression are used to select vector objects according to functional characteristics. Extract by attribute, Extract by location, Extract with expression are used for extraction by special characteristics of vector objects. Vector data analysis is performed using the Spatial operation tools tool. Deletion or extraction by the selected extent is performed on the basis of Extract/ delete by extend. Join, Intersection, Line intersection are based on the union of polygonal, point and linear objects, Drop by point is designed to split the line by the selected point.

The main purpose of using and interacting with the two main GIS programs is to compare the results and average the resulting output.



*Data analysis using GIS and remote sensing methods.* The methods of geospatial analysis in this study are shown in Figure 2.

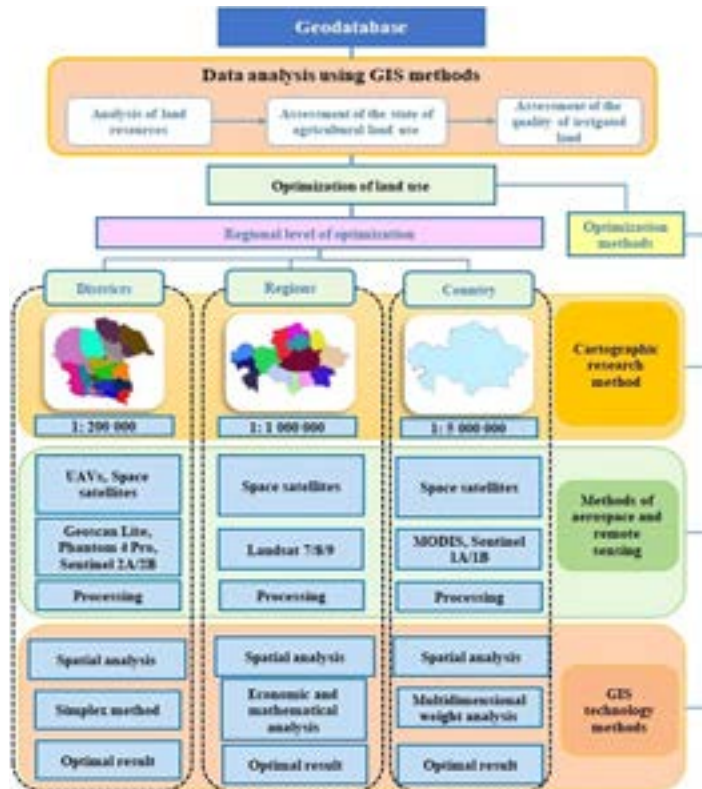


Fig. 2. Processing and analysis of geospatial data to create a geodatabase of the Almaty region by value and scale coverage

The main task of creating a geodatabase of the Almaty region is based on GIS analysis methods at different scales of coverage of the territory. In this study and in future works, the authors selected an object of irrigated agricultural land on the territory of the Almaty region. For this reason, the thematic component of the database is focused on a comprehensive survey of agricultural land.

Data analysis using GIS methods consists of 3 components: analysis of land resources, assessment of the condition of agricultural land and the quality of irrigated land.

The main task of creating a geodata database of the Almaty region is based on GIS analysis methods at different scales of coverage of the territory. In this study and in future works, the authors selected an object of irrigated agricultural land on the territory of the Almaty region. For this reason, the thematic component of the database is focused on a comprehensive survey of agricultural land.

Data analysis using GIS methods consists of 3 components: analysis of land

resources, assessment of the condition of agricultural land and the quality of irrigated land.

Land use optimization is a complex group of tools and methods for the rational use of land and resources. Optimization is divided into levels and methods. The methods include the cartographic method, the aerospace and remote sensing method, as well as GIS technology methods. Optimization levels cover from districts to country.

The cartographic research method determines its own scale limits for each optimization level (Kazakhstan from 1: 5,000,000, Almaty region 1: 1,000,000, for districts 1: 200,000) and the level of data generalization.

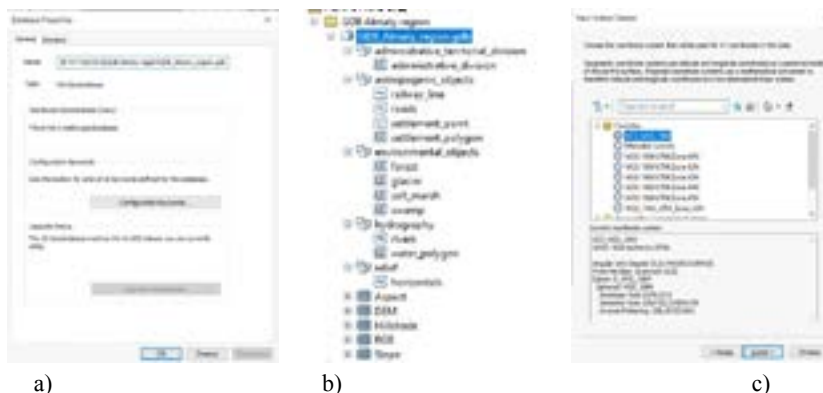
Aerospace and remote sensing methods include sets of raster files from open satellite data such as MODIS, Landsat 7/8/9 Sentinel 2A/2B. MODIS is processed to cover the entire area of the Almaty region with low spatial resolutions to determine contours and field conditions on a small scale. The Landsat data has a 30-meter resolution, thereby allowing the analysis to be carried out on an average scale. At the district level (scale 1:200,000 and larger), Sentinel 2A/2B data were used to accurately determine the contours of agricultural fields.

GIS technology methods include such processing methods as spatial analysis (for all levels), simplex method (district level), economic and mathematical analysis (region level) and multi-dimensional weight analysis (for the territory of the country). After conducting a comprehensive analysis, the most optimal result is selected, taking into account the purpose and specifics of the study.

### **Results**

The created ArcGIS geodatabase is a set of geographical datasets of various types stored in a shared folder of a file system or a multi-user relational database management system (What is a geodatabase?, 2022.).

Figure 3 shows the parameters (a), structure and hierarchy (b), as well as the assignment of the coordinate system (c) for the geodata of the Almaty region. The structure of the layers forming the database consists of separate classes of spatial objects and raster files.



*Fig. 3. Parameters (a), structure (b) and assignment of projection (c) to the geodata database of Almaty region*

When combining the spatial data of the Almaty region, the ESRI file database type with the gdb file extension was selected. The file geodatabase of the Almaty region is an extensive information structure where the main sets of object classes and spatial data classes are stored. This type of geodata database has a number of characteristics suitable for the requirements of this study, namely the volume of the database over 1 TB, as well as opening and processing using the ArcGIS program.

The geodatabase contains three main data sets – class of spatial objects, tables and raster sets. The database optimizes the process of managing spatio-temporal data, organizes, systematizes, and stores a wide range of different data. When creating a new feature class, several properties of the feature class were set that define its structure. The creation of a suitable feature class for the data model depended on the properties of the feature class: name, type, geometry properties, coordinate system, configuration keywords, fields, and field properties (Feature class basics, 2022).

When creating a new feature class, several properties of the feature class were set that define its structure. The creation of a suitable feature class for the data model depended on the properties of the feature class: name, type, geometry properties, coordinate system, configuration keywords, fields, and field properties

Figure 4 illustrates the structure of the geodatabase by thematic division. This differentiation was carried out in order to combine similar physical-geographical, administrative-territorial and agricultural characteristics of vector layers and raster images.

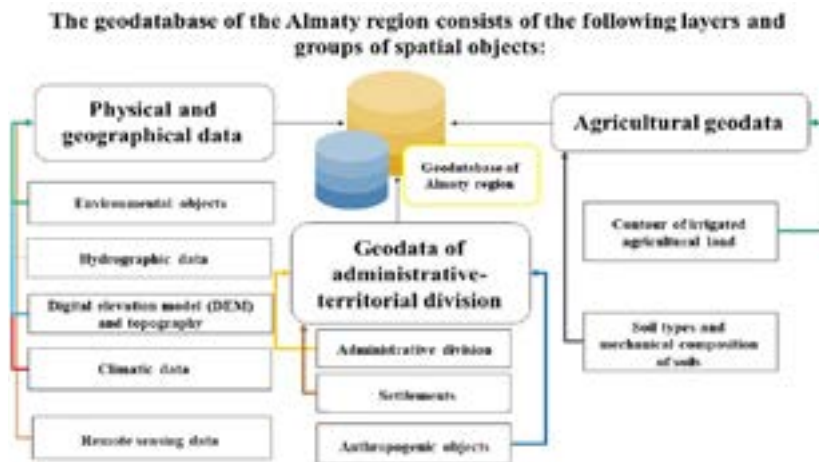


Fig. 4. Division of spatial data into groups on a thematic basis

Physical and geographical geodata are divided into the following groups: environmental objects (glaciers, swamps, salt marshes, sands); hydrography (lakes and reservoirs, rivers, catchment basins); digital elevation model and topography (DEM, slope, exposure, relief washing); climatic geodata (complex climatic

information); space images (multispectral channels and their combinations). Geodata of administrative-territorial division consists of groups of administrative divisions (districts and cities of regional subordination), settlements; anthropogenic objects (roads and railways). Agricultural geodata consists of contours of irrigated agricultural lands and types, as well as the mechanical composition of soils.

Figure 5 shows the spatial data classes of the Almaty region. There are administrative-territorial division classes, hydrographic class, DEM data, agricultural class and integrated climate information. Each class is defined and has its own thematic layers in the geodatabase.

*Creation and processing of a class of administrative-territorial division and anthropogenic objects.* Administrative-territorial and anthropogenic data include the polygonal layer of the Almaty region, the layer of districts and administrative units, data on the division into rural districts, settlements, roads and railways.

The administrative-territorial division layer of the region consists of 17 districts (Aksu, Alakol, Balkhash, Enbekshikazakh, Eskeldi, Zhambyl, Ili, Karatal, Karasay, Kege, Kerbulak, Koksus, Panfilov, Rayymbek, Sarkan, Talgar, Uygur) and 2 cities of regional subordination (the cities of Taldykorgan and Tekeli) (Kyrgyzbay et.al, 2022).

Geospatial processing of the layer was carried out in the ArcMap environment using OSM data (open street map - <https://www.openstreetmap.org/>). Entering information about the names of administrative units and geometric parameters was carried out in the attribute table using the editor and calculate geometry functions. The geometric parameters included data on the area (area\_sqkm) and perimeter (peri\_km) of the districts.

Vector layers of roads, railways and settlements were obtained from OSM data. The OSM database consists of streets, local data, and building polygons. Getting access to OSM data in GIS format is integrated into QGIS. This guide shows the process of searching, downloading and using OSM data in QGIS.

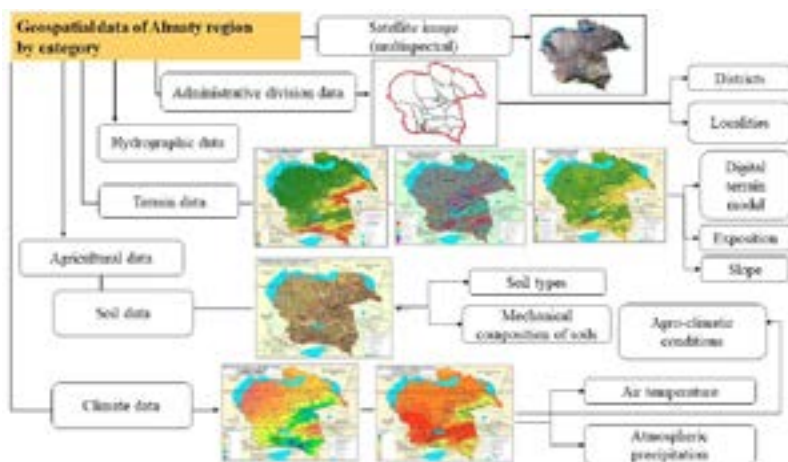


Fig. 5. Components of the geodatabase of the Almaty region

*Creating and processing a class of hydrographic data.* The class of hydrographic objects consists of lakes, reservoirs, rivers and catchment basins. The spatial layer of lakes and reservoirs was extracted from multispectral satellite images using mathematical formulas, and also identified using medium-scale topographic maps (1: 200 000).

Polygonal water bodies were determined using the NDWI index. Calculates the normalized water index (NDWI) from a multi-channel raster object and returns a raster object with index values. The Normalized Difference Water Index (NDVI) method is an index for determining and monitoring changes in the content of surface waters. NDWI (1) is calculated using the near infrared (NIR) and green (Green) channel:

$$\text{NDWI} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR}) \quad (1)$$

The rivers were digitized and identified using satellite images and topographical maps. For vectorization of rivers, DEMs in the form of SRTM images with a spatial resolution of 30 m were used. Data processing took place in the environment of the Spatial Analyst Tools — Hydrology (Fill, Flow Direction, Flow accumulation), Conditional (Con) and Conversion Tools (From Raster- Raster to Polyline).

*Processing and analysis of remote sensing data.* SRTM raster images were obtained in several stages: 1) registration of a new or existing user into the USGS system by filling in a login and password; 2) selection of the area of interest (in our case, it is the territory of Almaty region); 3) selection of the period and cloud coverage in Search criteria; 4) selection of the type of product in Data sets — Digital Elevation — SRTM — SRTM 1 Arc-Second Global; 5). Next, it was necessary to choose the appropriate raster coatings for the Almaty region

Mosaic creation from raster height data was performed in the ArcGIS-ArcMap environment using the Mosaic to New Raster tool. This tool has combined several raster data sets into a new raster data set. The input data has the same number of channels and bit depth. The mosaic tool has more options available when combining raster datasets into an existing raster. When storing a set of raster data in a JPEG file, a JPEG 2000 file or a geodata database, the compression type and compression quality were specified in the environment parameters (Mosaic To New Raster, 2022).

*Creating a digital terrain model, slope steepness data and exposure.* The digital relief model (DEM) contains information about the height of only the true relief, excluding vegetation, buildings and other anthropogenic objects. A digital terrain model (DEM) is necessary to obtain the most detailed information about the terrain on any territory.

The digital model of the Almaty region was created on the basis of 30-meter resolution images downloaded and processed in the SRTM GIS environment. The raster surface of the region under study is pixel information with data on the absolute height. The surface is modeled using raster data sets. (Zhang and Gao, 2020).

After processing the DEM, data on slope and slope exposure were obtained. For each cell, the Slope tool calculates the maximum degree of change in the z value between a particular cell and its neighboring cells. In fact, the maximum degree of change in height values per unit distance between a cell and eight adjacent cells determines the steepest descent downhill from the cell. Conceptually, the Slope tool selects a plane for z-values from a neighborhood of 3x3 cells around the processed or central cell.

The slope value of the plane data is calculated using the averaged maximum technique. The direction of the flat faces is the exposure of the processed cell. The lower the slope value, the flatter the earth's surface is; the higher the slope value, the steeper the slopes are located on the surface (Slope, 2022).

The exposure of the slopes was determined using the Aspect tool. This tool extracts the slope exposure from the raster surface. The exposure determines the direction of the slope of the maximum rate of change of values from each cell to its neighboring cells. This characteristic of the relief can be considered as the direction of the slope. The values of the output raster represent the compass directions of the exposure. It is measured clockwise in degrees from 0 (north) to 360 (north again), passing a full circle. Flat areas that do not have a downward direction are given a value of -1 (Lesson: Terrain Analysis, 2022).

*Processing of complex climate information.* Complex climate information includes data on the average annual amount of precipitation, average annual air temperature and wind speed. Compilation and analysis of complex climate maps of the studied region were carried out on the basis of climate information obtained from the website [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org) in the format of raster files.

Processing of climatic raster data was carried out in the software ArcMap (ArcGIS) and QGIS, using a GIS tool. Raster Calculator is designed to perform an algebraic expression of a single line using multiple tools and operators using a simple tool interface. In this study, the tool was used to determine the arithmetic mean of monthly climatic indicators (Raster Calculator, 2022).

*Processing of agricultural data.* The agricultural class of the Almaty region is divided into a layer of agricultural land and data on the characteristics of the soil cover. The vector layer of land shows attribute information and contours of irrigated arable land. The contours of the fields were digitized manually based on Sentinel 2A/2B with a 10-meter spatial resolution.

The soil cover layer includes data on the types and mechanical composition of soils. Data on soil characteristics were used from the FAO website (<https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/en/>).

*Topology check.* The Error Inspector allows to view errors in a table that shows which rules were violated, in which classes of objects errors occurred, shows the geometry of errors, the IDs of objects that created errors, as well as errors marked as exceptions. It is possible to sort errors by any fields in the table so that you can work with all errors of a certain type. You can also choose to display only errors

of a certain type in the table, or only errors in the visible extent of the map, or only errors marked as exceptions.

In addition to the ability to view and sort errors, the Error Inspector allows you to select errors, navigate and approach selected errors, as well as apply error corrections for their various types.

The ArcMap application allows to check the topology for a piece of data during an editing session. This check can take a long time, especially for large and complex datasets or with a large number of topology rules.

As a result of the above steps and data processing, a geodatabase of the Almaty region was created with 5 spatial classes and 8 raster files.

**Discussion**

The result of the creation of the geodatabase of the Almaty region can be interpreted as a basis for spatial planning of the territory for various purposes. In this study, for optimal use of spatial data, it was decided to divide the data into parts corresponding to the administrative units of the region (Figure-6).

Each administrative unit was assigned data on thematic coverage. The data is a hierarchical subordination and nesting of layers.



Fig. 6. Hierarchical division of a set of object classes and spatial data classes of the Almaty region on the basis of administrative division

20 administrative units are divided into relief, climatic information, agricultural fields, soils, administrative division, hydrographic data, raster files, tabular data and technical documentation. Each spatial class has its own subclass:

- The relief is divided horizontally (main and auxiliary), data on peaks, slope steepness (smooth, gentle, steep);
- Climate data is divided into isogietes, isotherms and meteorological data (climate metadata);
- The agricultural class has contours of fields and grounds;
- Hydrographic information is divided into lakes, reservoirs, rivers and catchment basins of rivers;
- Raster information has a wide range of data. These include DEM, slope, exposure, average annual air temperature, average annual precipitation, composition of multispectral data;
- Tabular data consists of statistical information;
- Technical documentation includes information about projection data, geometry of layers, etc.

### **Conclusion**

This article presents a study on the creation of a geodata database of the Almaty region. Raster and open vector data were used during the study. Data processing and analysis were carried out in the ArcGIS and QGIS software.

As a result of the research, a geodata database of the Almaty region was created consisting of 5 classes of spatial data and raster files. Each class is divided according to the thematic component and the scope of information. The structure of the geodata database is unified and has one geographical projection.

The model proposed in the article can be supplemented and modified using other data, methods and programs. Our future research plans include a more comprehensive analysis of the relationship of thematic data in relation to the zoning of agricultural irrigated lands, as well as the biological characteristics of individual crops.

### **REFERENCES**

- Feature class basics. — Text: electronic//ArcGIS Desktop: [site]. — URL: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/feature-class-basics.htm> (date of application: 13.11.2022).
- Kyrgyzbay K., 2022 — *Kyrgyzbay K.* Agro-climatic zoning of Almaty region using GIS technologies. *Reports of NAS RK. Computer Science Series*, (2), 76–91. <https://doi.org/10.32014/2022.2518-1726.131>.
- Lesson: Terrain Analysis. — Text: electronic//QGIS documentation: [site]. — URL: [https://docs.qgis.org/3.22/en/docs/training\\_manual/rasters/terrain\\_analysis.html](https://docs.qgis.org/3.22/en/docs/training_manual/rasters/terrain_analysis.html) (date of application: 11.11.2022).
- Luzio M., White M., Arnold J., Williams J., Kiniry J., 2017. — *Luzio M., White M., Arnold J., Williams J., Kiniry J.* A Large Scale GIS Geodatabase of Soil Parameters Supporting the Modeling of Conservation Practice Alternatives in the United States. *Journal of Geographic Information System*, 9. 267–278, doi: 10.4236/jgis.2017.93016.
- Mosaic To New Raster. — Text: electronic//ArcGIS for Desktop: [site]. — URL: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/data-management-toolbox/mosaic-to-new-raster.htm> (date of application: 01.11.2022).
- Nur W.H., Kumoro Y., Susilowati Y., 2018 — *Nur W.H., Kumoro Y., Susilowati Y.* GIS and Geodatabase Disaster Risk for Spatial Planning. 2018 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 118 012046. DOI :10.1088/1755-1315/118/1/012046.



Rahman N., Ansary M.A., Islam I., 2015. — *Rahman N., Ansary M.A., Islam I.* Manuscript GIS based Mapping of Vulnerability to earthquake and fire hazard in Dhaka city, Bangladesh Int. J. Disaster Risk Reduct.

Raster Calculator. — Text: electronic//ArcGIS for Desktop: [site]. — URL: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/raster-calculator.htm> date of application: 03.11.2022).

Senanayake S.S., 2017 — Senanayake S.S. Munasinghe and M.A.K., Wickramasinghe W.M.A.D.B. Development of geo-database to recommend suitable crops at village level in Sri Lanka. Annals of Sri Lanka Department of Agriculture 2017. 19: 209 – 228.

Slope. — Text : electronic // ArcGIS for Desktop : [site]. — URL: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/slope.htm> (date of application: 10.11.2022).

What is a geodatabase?. — Text: electronic//ArcGIS Desktop: [site]. — URL: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm> (date of application: 10.11.2022).

Zhang S., Gao H., 2020 — *Zhang S., Gao H.* Using the Digital Elevation Model (DEM) to Improve the Spatial Coverage of the MODIS Based Reservoir Monitoring Network in South Asia. Remote Sens. 2020, 12, 745. <https://doi.org/10.3390/rs12050745>.

Zhao M. and Liu X., 2017 — *Zhao M. and Liu X.* Reprint of: Regional risk assessment for urban major hazards based on GIS geoprocessing to improve public safety q Saf. Sci. 97. 112–9.

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

Volume 1, Number 345 (2023), 154-169  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.175>

УДК 004.8, 004.9

© **Sh. Mussiraliyeva**, **M. Shaizat**, **A. Beketova**, **Y. Abayuly**,  
**A. Manassova**\*, 2023

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty.  
E-mail: [manassova.akerke4493@gmail.com](mailto:manassova.akerke4493@gmail.com)

### IDENTIFICATION OF SUSPICIOUS TRANSACTIONS IN THE BITCOIN NETWORK

**MUSSIRALIYEVA Shynar** — Candidate of Physical and Mathematical Sciences. Head of the Department «Information System» of Al-Farabi Kazakh National University.

E-mail: [mussiraliyevash@gmail.com](mailto:mussiraliyevash@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0001-5794-3649>;

**SHAIZAT Medet Zhanbolatovich** — doctoral student of the Department of Information Systems of Al-Farabi Kazakh National University.

E-mail: [m10.invictus@gmail.com](mailto:m10.invictus@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0002-1651-8205>;

**BEKETOVA Ayman Kayyrbekovna** — senior lecturer of the Department of Information Systems of Al-Farabi Kazakh National University.

E-mail: [aiman.beketova@gmail.com](mailto:aiman.beketova@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0003-4931-0563>;

**ABAYULY Yerulan** — doctoral student of the Department of Information Systems of Al-Farabi Kazakh National University.

E-mail: [a.erulan.97@gmail.com](mailto:a.erulan.97@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0003-2248-3819>;

**MANASSOVA Akerke** — doctoral student of the Department of Information Systems of Al-Farabi Kazakh National University.

E-mail: [manassova.akerke4493@gmail.com](mailto:manassova.akerke4493@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0001-8709-4617>.

**Abstract.** This article talks about one of the most popular cryptocurrencies today - bitcoin. The principles of bitcoin and blockchain technologies are considered, where the pros and cons of bitcoin are listed. The focus of the work is on the analysis of the use of cryptocurrencies, namely bitcoin for illegal and criminal purposes. Particular attention is paid to identifying a set of signs to identify suspicious activity in the bitcoin network. The article provides a practical example of a real case of illegal transactions in the bitcoin network, associated with fraudulent user actions. During research work reviewed and analyzed many scientific publications and articles, and from these studies, signs were identified that are key attributes when evaluating a Bitcoin transaction for suspicious or questionable transactions. Based on these features, an input dataset of 15 attributes with about 100,000 transactions

was formed for further use in creating a model that will evaluate bitcoin transactions for suspicion. After the formation of the dataset, models were created and trained to identify suspicious transactions in the bitcoin network based on several machine learning algorithms, such as random forest, k-nearest neighbors, decision tree. The article also provides comparisons of the results of machine learning algorithms, and in addition, chosen the best algorithm that showed the highest accuracy.

**Keywords:** Cryptocurrency, blockchain, bitcoin, suspicious transactions, features

© Ш.Ж. Мусиралиева, М.Ж. Шайзат, А.К. Бекетова, Е. Абайұлы,  
А.Б. Манасова\*, 2023

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы.

E-mail: manassova.akerke4493@gmail.com

## БИТКОИН ЖЕЛІСІНДЕГІ КҮДІКТІ ТРАНЗАКЦИЯЛАРДЫ АНЫҚТАУ

**Аңдатпа.** Бұл мақалада қазіргі кездегі ең танымал криптовалютаның бірі Биткоин туралы мәліметтер айтылады. Биткоин мен блокчейн технологияларының жұмыс принциптері қарастырылады, оның ішінде Bitcoin-нің артықшылықтары мен кемшіліктері көрсетілген. Жұмыстың негізгі бағыты криптовалюталарды, атап айтқанда биткоинді заңсыз мақсаттарда пайдалануды талдауға бағытталған. Биткоин желісіндегі күдікті әрекеттерді анықтау үшін белгілер жинағын анықтауға ерекше назар аударылған. Мақалада пайдаланушының алаяқтық әрекеттерімен байланысты биткоин желісіндегі заңсыз транзакциялардың нақты жағдайының практикалық мысалы келтірілген. Зерттеу жұмысы барысында көптеген ғылыми жарияланымдар мен мақалалар қаралды және талданды және осы зерттеулерден күдікті немесе күмәнді транзакциялар үшін Bitcoin транзакциясын бағалау кезінде негізгі атрибуттар болып табылатын белгілер анықталды. Осы белгілердің негізінде, күдікті биткоин транзакцияларды бағалайтын модельді құруда одан әрі пайдалану үшін 100 000-ға жуық транзакциясы бар 15 атрибуттан тұратын кіріс деректер жинағы (датасет) жасалды. Деректер жинағы қалыптасқаннан кейін кездейсоқ орман, k-ең жақын көршілер, шешім ағашы сияқты бірнеше машиналық оқыту алгоритмдеріне негізделген биткоин желісіндегі күдікті транзакцияларды анықтау үшін модельдер жасалды және оқытылды. Сонымен қатар, мақалада машиналық оқыту алгоритмдерінің салыстырмалы талдауының нәтижелері, сондай-ақ жоғары дәлдікті қамтамасыз ететін алгоритм таңдалған.

**Түйін сөздер:** Криптовалюта, блокчейн, биткоин, күдікті транзакциялар, белгілер

© Ш.Ж. Мусиралиева, М.Ж. Шайзат, А.К. Бекетова, Е. Абайұлы,  
А.Б. Манасова\*, 2023

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
Алматы, Казахстан.

E-mail: manassova.akerke4493@gmail.com

## **О МЕТОДЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОДОЗРИТЕЛЬНЫХ ТРАНЗАКЦИЙ В БИТКОИН СЕТИ**

**Аннотация.** Статья посвящена актуальному направлению научных исследований — анализу биткоин транзакций. В ней рассматриваются принципы и характер работы биткоина и блокчейн-технологий, перечисляются преимущества и недостатки биткоина. В работе внимание акцентируется на анализе использования криптовалют, а именно биткоина в незаконных и преступных целях. Особое внимание уделяется идентификации подборки признаков для определения подозрительной деятельности в сети биткоина. В статье приводится практический пример реального кейса незаконных транзакций в биткоин сети, связанный с мошенническими действиями пользователя. В ходе исследовательской работы были проведены обзор и анализ множества научных публикаций и статьи, а из этих исследований были выявлены признаки, которые являются ключевыми атрибутами при оценке Биткоин транзакции на предмет подозрительных или сомнительных операций. На основе этих признаков был сформирован входной датасет из 15 атрибутов и около 100 000 транзакциях для дальнейшего использования в создании модели, которая будет оценивать биткоин транзакции на предмет подозрительности. После формирования датасета были созданы и обучены модели для идентификации подозрительных операций в биткоин сети на основе нескольких алгоритмов машинного обучения, такие как случайный лес, Метод k-ближайших соседей, дерево решений. Кроме этого, в статье приведены результаты сравнительного анализа алгоритмов машинного обучения, а также выбран алгоритм, обеспечивающий высокую точность.

**Ключевые слова:** блокчейн, криптовалюта, биткоин, подозрительные транзакции, характеристики блокчейна

### **Введение**

В настоящее время развитие современных технологий привели к появлению цифровых валют, одной из которых является криптовалюта. Криптовалюта — цифровая платежная система, в которой не участвуют традиционные финансовые институты такие как банки (<https://www.kaspersky.ru>). Существуют много видов криптовалют, самый известный из них биткоин. Биткойн — первая в мире успешная криптовалюта, которая появилась на свет в 2009 году (Nakamoto и т.д., 2022). Биткоин — это децентрализованная

система, которая функционирует на базе программного протокола и основана на концепции прямого обмена между участниками.

Биткоин создавался как цифровая платежная система с открытым исходным кодом. Главная ценность этой системы в том, что в ней впервые удалось создать самодостаточную, надежную и децентрализованную систему для переводов (<https://forklog.com>).

Биткойны математически генерируются путем выполнения набора сложных задач с хешем числа с использованием процедуры, известной как «добыча» (<https://www.kaspersky.ru>). Люди, которые «добывают» биткойны называются «Майнерами». Майнеры обрабатывают журнал и подтверждают, что транзакции являются законными. Текущее среднее время, необходимое для проверки транзакции Биткоина, составляет около шести минут. Примерно половина всех транзакций подтверждается за это или меньшее количество времени (<https://phemex.com>).

Все транзакции в сети биткоина записываются в распределенный реестр данных — блокчейн. Блокчейн — это революционная технология, которая представила новые концепции безопасного обмена данными. Эта современная технология состоит из цепочки блоков, которая позволяет надежно хранить все совершенные транзакции с использованием общих и распределенных сетей (Салах и т.д., 2019).

Транзакции биткоин — это процесс перевода криптовалюты от одного кошелька другому кошельку с использованием технологии блокчейн. Транзакция представляет собой связанную с друг-другом цепочку блоков с данными обо всех перемещениях биткойнах между кошельками (<https://finswin.com>).

Блок — непрерывно записываемые файлы в сети Биткоин, которые содержат информацию о совершенных транзакциях.

В каждом из блоков содержится такая информация:

История проведенных ранее операций;

Информация о совершаемой транзакции (<https://www.researchgate.net>).

Каждый блок имеет одинаковую структуру как показано на рисунке 1, он состоит из заголовка, содержащего собственный хеш-код и хеш предшествующего, а также перечня транзакций, среди которых первая — с указанием награды майнера.

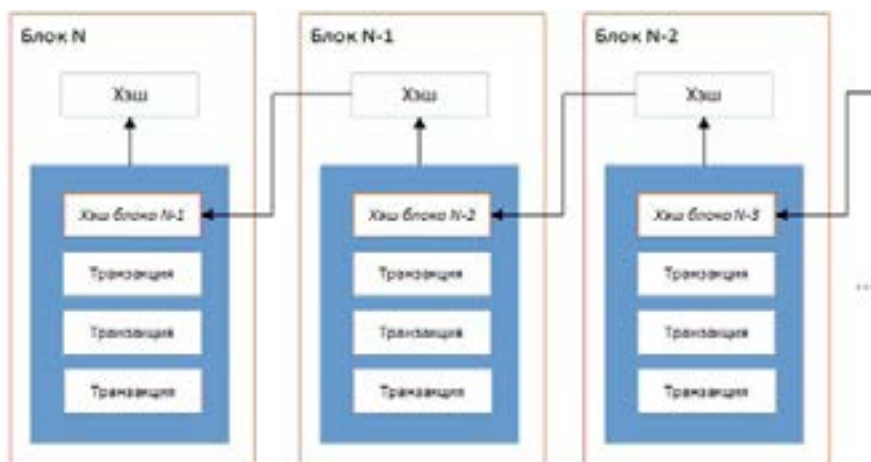


Рис. 1 – Структура блока

Транзакция начинается после её создания в кошельке и подписанием пользователем на основе закрытого ключа с цифровой подписью. Приватный ключ или закрытый ключ — это криптографическая защищенная часть данных с функцией, аналогичной паролю в учетной записи электронной почты. В Биткоин-транзакциях кроме закрытого ключа также используются публичный ключ. Публичный ключ или открытый ключ — это зашифрованные фрагменты данных, которые действуют аналогично адресам электронной почты (<https://www.bitcoin.com>). Участники Биткоин сети используют публичные ключи для отправки и получения криптовалют. Адрес Биткоин-кошелька это хэшированная версия публичного ключа. Когда биткоины отправляются другому пользователю, перевод содержит информацию о публичном ключе отправителя и публичном ключе получателя.

В сущности, биткоин транзакция состоит из трех частей:

Входные данные

Сумма транзакции

Выходные данные

Входные данные относятся к информации о балансе адреса отправителя до текущей выполняемой транзакций.

Когда пользователь отправляет один биткоин, система должна убедиться, что у него есть один полный биткоин, который он может отправить другому пользователю. Если все предыдущие транзакции на адрес пользователя были исходящими переводами, и он никогда не получал никаких средств, он не может ничего отправить. Таким образом, входные данные гарантируют, что перевод происходит с адреса, где необходимая сумма для перевода. Когда транзакция будет добавлена в блок, сумма в кошельке отправителя будет обновлена.

Вторая часть, сумма транзакции. Это относится к сумме, которую отправитель хочет перевести получателю.

Третий ключевой компонент, выходные данные, включают в себя информацию о распределении суммы перевода на адрес получателя. Доступная сумма в кошельке получателя обновляется, и эта обновленная информация позже будет использоваться в качестве входных данных для будущей транзакции с использованием этого адреса (Condos и т.д., 2016).

Блокчейн технологий обладают следующими особенностями:

В блокчейне хранятся только записи о событиях — транзакциях, то есть метаданные, а не сами данные. Сначала все записи валидируются на подлинность и подтверждаются при помощи криптографии, только после этого подаются в блокчейн. Записи хранятся в блоках, которые цепляются друг за друга, как звенья одной цепочки, а не в табличном виде, как классические базы данных. При этом каждый следующий блок включает зашифрованные данные о предыдущем. Информацию хранящуюся в блокчейн, нельзя модифицировать, менять, обновлять или удалять, не нарушив целостность всей цепочки (<https://www.seeneco.com>).

У биткойна низкие транзакционные издержки, что воспроизведен во многих его встроенных функциях. Как уже было сказано, биткойн — децентрализованная платёжная система, которая позволяет пользователям производить разные операции с биткойнами друг с другом без посредника или контролирующего органа, например, в случае с фиатными деньгами — это банки. Отсутствие посредника между покупателем и продавцом делает платежи более дешевыми, а обрабатывание транзакции более быстрым по сравнению с фиатными деньгами. Однако все эти особенности криптовалют, в частности биткойна также привлекают разного рода недобросовестных пользователей, которые используют сеть для разного рода преступной деятельности, например, по отмыванию денег или финансированию экстремизма или терроризма и обеспечила им преимущества перед законом (Ларин, 2018).

Самым главным и важным подходом в традиционных способах по борьбе с отмыванием денег или разного рода незаконными финансовыми операциями является контроль и наблюдение регулятора за посредниками, то есть за финансовыми организациями (банками), которые являются мостом между участниками финансовой операций, и имеют право мониторить и проверять сомнительные транзакции, а в случае чего отменять транзакции и замораживать деньги для тщательного изучения участников сделки и их цели (<https://www.seeneco.com>).

Поскольку в Биткойн сети отсутствуют такого рода посредники, то традиционная стратегия борьбы с отмыванием денег или с незаконными деньгами почти не работает (Ларин, 2018). Как было уже сказано несмотря на то, что каждая транзакция хранится в открытом доступе и может быть

прослежена, не существует прямой ссылки на конкретного человека или организацию, совершившую транзакцию.

Кроме этого, совершение транзакций в биткойнах значительно легче и гибче, чем традиционные средства, используемые для незаконной деятельности, а именно транзакция фиатных денег. Бумажные купюры несут с собой физическое ограничение в виде веса и размера, а миллионы биткойнов могут храниться на стандартном USB-устройстве и можно отправить любому пользователю в мире в течение очень короткого времени (Chuen и т.д., 2015). Также платежей Биткойн можно разбивать на более мелкие транзакций, что очень облегчает обход мер регулирования (Ajello, 2015).

### **Материал и методы исследования**

Многие люди считают, что Биткойн гарантирует полную анонимность, но на практике это не так, так как является псевдоанонимной сетью. История всех транзакции биткойнов доступны для публичного просмотра блокчейне, потому что блокчейн — это публичный реестр информации (<https://phemex.com>). Используя онлайн-обозреватели Биткойна, такие как платформа [blockchain.com](https://blockchain.com), любой желающий может просматривать всю историю транзакции любого кошелька, а также отслеживать эти транзакции и анализировать. Но, по сути, даже имея доступ к полной истории транзакции кошелька это ничего не рассказывает о личности пользователя.

Для того, чтобы продемонстрировать это на практическом примере был выбран случай, произошедший в сентябре 2018 года, когда хакеры получили несанкционированный доступ к горячему кошельку биржи Zaif и украли 5966 BTC (<https://incrypted.com>). Для анализа был выбран инструмент Crystal.

Все входящие адреса принадлежали Zaif. Как показано на рисунке 2, похищенные средства в биткойнах хакер отправил на адрес: *FmwHh6pgkf4meCMoqo8fHH3GNRF571f9w*.



Рис.2 - Перевод средств с кошельков Zaif на адрес хакера



Как видно на рисунке 3, адрес 1FmwHh6pgkf4meCMoqo 8fHh3GNRF571f9w содержит 9 исходящих транзакций, таким образом, отслеживание применялось для каждой из них.

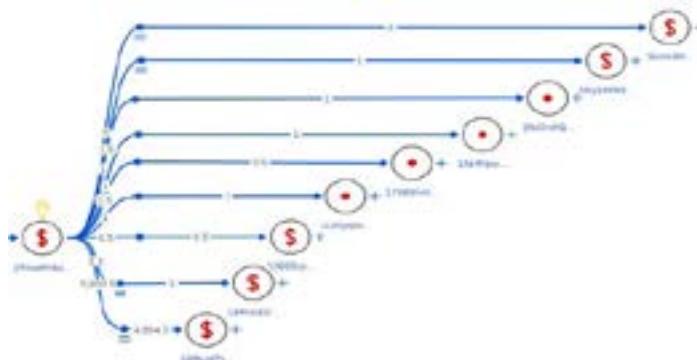


Рис. 3 – Исходящие транзакций по адресу 1FmwHh6pgkf4meCMoqo8fHh3GNRF571f9w

Как показано на рисунке 4, многие биткоины были разделены на относительно небольшие суммы (0.5 и 1 биткоин) и отправлены в течении очень короткого времени как видно на рисунке 5, на другие адресаты, у которых нет историй и не было больше никаких активностей за последние 4 года, что говорит о том, что это кошельки-однодневки.



Рис. 4 - Разбиения биткоинов на небольшие суммы

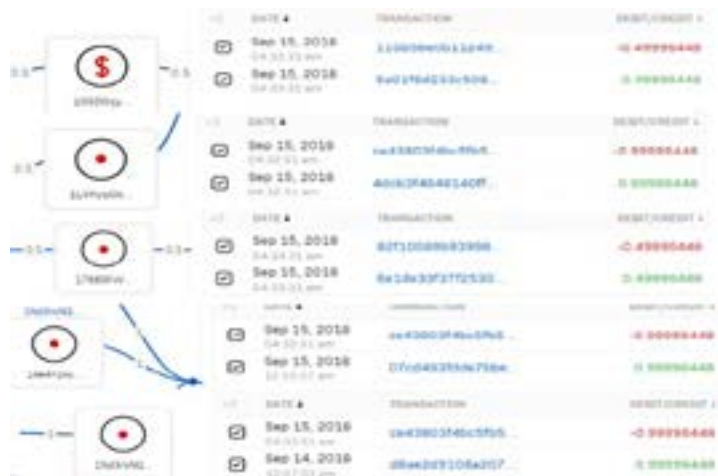


Рис. 5 - Кошельки-однодневки. Время и дата транзакций.

Проведя множество операций, описанные выше, были обнаружены больше 5 тысяч кошельков куда были переведены часть украденных средств. По итогам исследования было определено, что часть похищенных средств была отправлена на вывод через криптовалютную биржу Binance, другая часть — разбита на мелкие суммы и распределена на многочисленные адреса через игровые сервисы, миксеры и другие криптобиржи (<https://forklog.com>). Как было видно на этом примере, этому случаю характерны многие признаки, которые являются ключевыми атрибутами при оценке биткоин транзакции на предмет подозрительности.

*Идентификация подборки признаков для определения подозрительной операции.*

Этот раздел содержит подборку признаков подозрительной деятельности в сфере криптовалюты, а именно в сети биткоина или возможных попыток уклониться от разоблачения правоохранительными органами. В ходе исследовательской работы, в рамках которой проведены обзор и анализ научных публикаций и статьи, обзор литературы и из исследований открытых источников были выявлены и определены следующие признаки (факты, кейсы), которые являются ключевыми атрибутами (помогают) при оценке Биткоин транзакции на предмет подозрительных или сомнительных операций:

Операций перевода или обмена криптовалюты, как и аналогично в случае с фиатными деньгами, путем разбиения на небольшие суммы либо на суммы, не превышающие пороговых значений, установленных для обязательной регистрации операций или для передачи сообщений. А если говорить более подробно, то разбиение большого количество биткоинов на множество небольшое количество биткоинов и перевод биткоинов на последующие адресаты. Разделение связано с тем, что существуют разного рода правил от

Межправительственной комиссии по финансовому мониторингу (ФАТФ), например, одна из них называется «Travel Rule». Travel Rule, также известное как Рекомендация 16 ФАТФ, направлено на прекращение отмывания денег за счет сведения к минимуму анонимности крупных транзакций в криптовалюте. Правило путешествий уже давно применяется к фиатным транзакциям, и в 2018 году ФАТФ заявила, что страны должны также применять это правило к криптовалютным компаниям и обязать Провайдеры услуг в сфере виртуальных активов (ПУВА) получать, хранить и обмениваться информацией об отправителях и получателях криптовалютных переводов с другими ПУВА и выше 1000 долларов США (<https://www.coindesk.com>). Кроме этого, многие криптобиржи позволяют пользователям снимать до 1 биткоинов, то есть небольшие суммы денег, без прохождения строгого контроля.

Множество операции разбиения большого количество биткоинов на десятки и сотни транзакции, совершаются путем использования кошельков, у которых зачастую нет никаких истории, то есть, биткоин кошельки открывшиеся недавно или уже считающиеся спящими, другими словами, их можно называть кошельками-однодневками или транзитными кошельками. Если не все, то большинство биткоин кошельков такого типа, используются всего 2 раза. Первый раз для получения биткоинов (денег), второй раз для отправления полученных биткоинов (денег) на другой кошелек. После проведения таких операции биткоин кошельки перестают использоваться. Так как у одного пользователя может быть множество биткоин-кошельков;

Перевод биткоинов (денег) происходит в пожарном порядке по разным кошелькам и в очень короткие сроки, например, в пределах 30 минут или 1 часа;

Полученная сумма и отправленная сумма плюс комиссия является одинаковой суммой. Потому что, люди проводящие такие транзакции знают, что больше не будут использовать эти кошельки, поэтому переводят всю сумму (биткоин);

Разделенные биткоины после короткой цепочки транзакции примерно (5–6 транзакции) биткоины собираются заново в одном кошельке;

Обмен биткоина на другие виды криптовалют, с дополнительными расходами на комиссию за транзакции, но с сокрытием следа;

Внесение биткоина в криптобиржу, а затем немедленный вывод с биржи без проведения дополнительных операций, как покупку чего-либо или перевода на другой кошелек.

Все вышеперечисленные признаки были выявленные в ходе анализа более десятков практических примеров, взятых из научных публикаций и статей. Сразу хочется отметить, наличие одного из признаков не дает основание считать транзакцию как незаконную или преступную. Часто подозрение на возможную преступную деятельность вызывает именно наличие нескольких признаков в транзакциях, не имеющей логичного обоснования с точки зрения

поведения обычного пользователя. Наличие признаков должно служить толчком к проведению дальнейшего мониторинга и детального анализа.

*Формирование и описание датасета.* Следующий этап после идентификации основных признаков подозрительных транзакций для биткоинов, работа с данными: поиск и сбор данных, анализ и обработка собранных данных, формирование входных признаков датасета для обучения модели.

В рамках исследовательской работы, был создан датасет содержащий около 5 тысяч незаконных транзакций путем изучения известных случаев, связанных с кражей биткойнов, отмыванием биткойнов и т.д. Один из примеров был описан в предыдущем примере, это кража биткоинов, произошедший в сентябре 2018 года, когда хакеры получили несанкционированный доступ к горячему кошельку биржи Zaif и украли 5966 биткоинов (<https://incrypted.com>). Кроме этого, с целью увеличения количества транзакций в наборе данных был исследован известный набор данных в сфере биткойн транзакций «EllipticDataSet», крупнейший в мире набор данных с помеченными транзакциями. Набор данных включает 200 000 транзакций на общую сумму 6 миллиардов долларов. Этот набор данных был создан с целью, чтобы сообщества могла использовать собранные данные для выявления финансовых преступлений в криптовалютах (<https://www.kaggle.com>).

Эллиптический набор данных сопоставляет биткойн-транзакции с реальными объектами, принадлежащими к законным категориям (биржи, поставщики кошельков, майнеры, законные услуги и т.д.), а не с незаконными (мошенничество, вредоносное ПО, террористические организации, программы-вымогатели, схемы Понци и т.д.), а также неизвестных, процентное соотношение: 2% были помечены как незаконные, 21% как законные, а 77% как неизвестные.

Было сделано важное наблюдение о том, что набор данных Elliptic является несбалансированным (4545 «незаконных» и 42019 «законных» транзакций). Поэтому следующей задачей было, не только найти значение для вышеперечисленных элементов транзакций, но и попытка определения транзакций как законной или незаконной для неизвестных транзакций.

*Для достижения поставленной цели был написан парсер для автоматического сбора данных на языке программирования «Python» для 200 тысяч биткойн транзакций путем обращения к платформам Crystal, и Blockchain, Датасет состоял из 207472 транзакций, из которых 107949 были помечены как неопределенные, 32938 помечены как подозрительные транзакций, а 66585 помечены как чистые транзакций. Было решено в наборе данных, который будет использован в обучении модели, убрать все неизвестные транзакций, после этого в датасете остались 99523 транзакций. Из них 32938 помечены как подозрительные, а 66585 помечены как чистые.*

В таблице 1 можно увидеть 15 ключевых признаков для последующего использования в алгоритмах для обучения модели, которая оценивает транзакции на предмет подозрительности.

Название атрибута	Тип данных	Описание
TRANSACTION	STRING	Уникальный идентификатор, используемый для идентификации конкретной транзакции
BLOCK_HASH	STRING	Хэш блока
BLOCK_HEIGHT	INTEGER	Высота блока
CONFIRMATIONS	INTEGER	Подтверждения транзакции в сети
COUNT_IN	INTEGER	Общее количество полученных транзакций
COUNT_OUT	INTEGER	Общее количество отправленных транзакций
FIAT RATE	FLOAT	Деньги в USD на момент транзакций
INPUTS	STRING	Адреса, отправившие BTC
OUTPUTS	STRING	Адреса, получившие BTC
POOL_TIME	TIMESTAMP	Время подтверждения транзакции
TOTAL_IN	NUMERIC	Общее количество отправленных BTC
TOTAL_OUT	NUMERIC	Общее количество полученных BTC
SIZE	INTEGER	Общий размер этой транзакции
WEIGHT	INTEGER	Вес этой транзакции
RISK_SCORE	BOOLEAN	Оценка транзакций на предмет подозрительности

### Результат

После подготовки датасета, следующим этапом стало обучение модели. Для обучения модели было использовано несколько алгоритмов машинного обучения, таких как случайный лес, деревья решений, логистическая регрессия. Разделение на обучающие и тестовые образцы основано на соотношении 80% к 20%. В результате для обучения было использовано 79 618 случайных элементов, а для теста — 19905.

В рисунке 5 был выбран алгоритм случайный лес. Случайный лес показывает очень хороший результат. Точность около 84 процентов. А в рисунке 6 деревья решения показывает хороший результат, но не как случайный лес. Точность модели составил 79%, что является хорошим результатом.

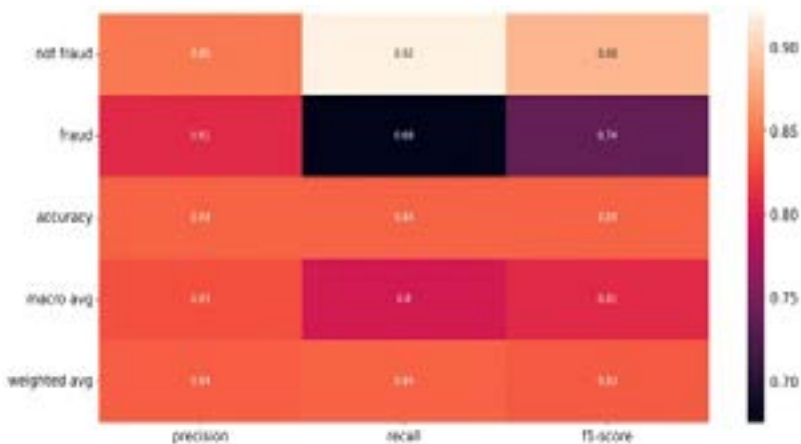


Рис.5 - Отчет о классификации для алгоритма случайного леса

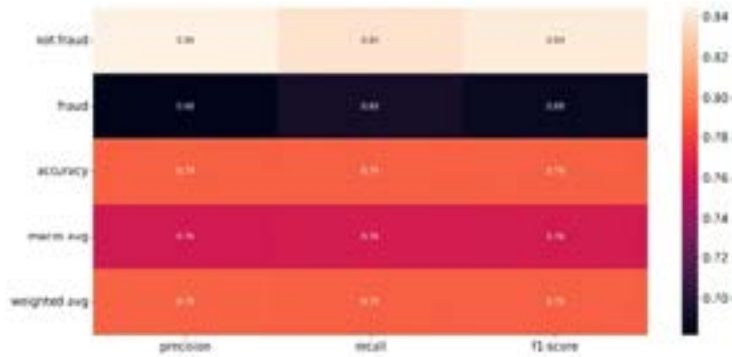


Рис. 6 - Отчет о классификации для алгоритма деревьев решений

Алгоритм k-ближайших соседей показывает наихудший результат среди функциональных алгоритмов, 71 процент также подходит для определения транзакции.

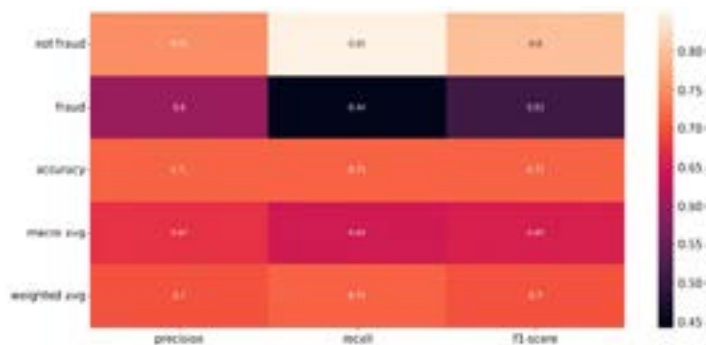


Рис. 7 - Отчет о классификации для алгоритма k-ближайших соседей

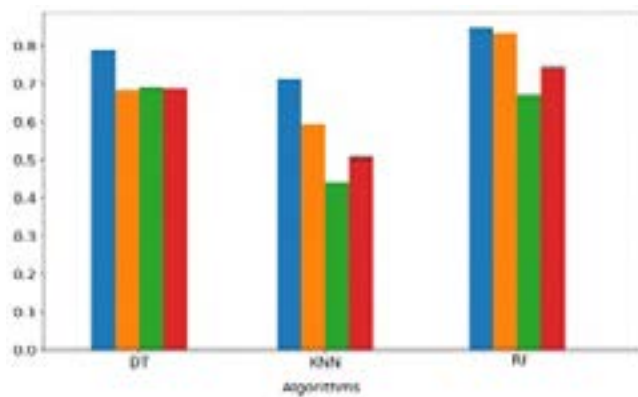


Рис. 8 - Сравнение алгоритмов

Таблица 2. Результаты и сравнение ключевых метрик.

№	Name	Accuracy	Precision	Recall	F1-score
1	DecisionTree	0.789249	0.681771	0.691323	0.686514
2	KNN	0.713618	0.595658	0.442302	0.507651
3	RandomForest	0.844966	0.833677	0.669027	0.742332

Как видно на рисунке 8 и в таблице 2, алгоритм «RandomForest» имеет лучшие показатели по всем метрикам по сравнению с остальными алгоритмами машинного обучения, кроме метрики «Recall», где лучше показатели у алгоритма «DecisionTree». Поэтому модель обученная на алгоритме случайного леса был выбран для дальнейшего использования.

### Обсуждение

На основе выявленных признаков был создан датасет содержащий около 5 тысяч незаконных транзакций путем изучения известных случаев, связанных с кражей биткойнов, отмытием биткойнов и т.д., чтобы избежать несбалансированности датасета. А также исследован набор данных «Elliptic DataSet». Путем объединения 2-х наборов данных был сформирован один основной датасет. Кроме этого, был написан парсер для автоматического сбора данных на языке программирования «Python» для 200 тысяч биткойн транзакций путем обращения к платформам Crystal и Blockchain. Созданы и обучены 3 модели для идентификаций транзакций на предмет подозрительности с использованием 3-х разных алгоритмов машинного обучения. Каждая из моделей обучалась примерно на почти 100 тысячах данных с 15 параметрами. В итоге была выбрана модель с самой высокой точностью, которая была построена на основе случайного леса и показала точность в 84%, что является хорошим результатом. В дальнейшем этот модель будет еще улучшаться и обучаться на более объемных датасетах. Будут исследоваться новые случаи, связанные с мошенническими и незаконными действиями пользователей, выявляться ранее неизвестные признаки подозрительных транзакций, а объем датасета будет увеличиваться.

### Заключение

В рамках проведенной работы были рассмотрены принципы и характеристики работы блокчейн технологий и биткойна, как они появляется, какими особенностями обладают, а также как они используются в преступных и незаконных целях. Кроме этого, были проанализированы множества литературы и научных статьи, выявлены и определены признаки (факты, кейсы), которые помогают при оценке Биткойн транзакции на предмет подозрительных или сомнительных операций. Был приведен практический пример анализа незаконных транзакции, создана модель для бинарной классификации нелегальных и легальных транзакций.

#### ЛИТЕРАТУРЫ

An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends [https://www.researchgate.net/publication/318131748\\_An\\_Overview\\_of\\_Blockchain\\_Technology\\_Architecture\\_Consensus\\_and\\_Future\\_Trends](https://www.researchgate.net/publication/318131748_An_Overview_of_Blockchain_Technology_Architecture_Consensus_and_Future_Trends).

Ajello N., 2015 — *Ajello N.* Fitting a Square Peg in a Round Hole: Bitcoin, Money Laundering, and the Fifth Amendment Privilege Against Self-Incrimination // *Brooklyn Law Review*. 2015. Volume 80. Issue 2.

Chuen D.L., 2015 — *Chuen D.L.* Handbook of Digital Currency. Bitcoin, Innovation, Financial instruments, And Big Data. USA, Academic Press, 2015.

Crypto Firms Can't Outrun the Travel Rule. <https://www.coindesk.com/layer2/2022/01/12/crypto-firms-cant-outrun-the-travel-rule/> (дата обращения: 06.10.2022).

Condos J., Sorrel W.H. & Donegan S.L., 2016 — *Condos J., Sorrel W.H. & Donegan S.L.* Blockchain Opportunities. Vermont. Retrieved from <https://legislature.vermont.gov/assets/Legislative-Reports/blockchain-technology-report-final.pdf>

Elliptic Data Set. Bitcoin Transaction Graph. <https://www.kaggle.com/ellipticco/elliptic-data-set> (дата обращения: 06.10.2022).

Nakamoto S., 2022 — *Nakamoto S.* Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. <http://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (дата обращения: 05.09.2022).

Взломали биржу Zaif. <https://incrypted.com/exchange-zaif-was-hacked/> (дата обращения: 23.09.2022).

Как отслеживаются транзакции в сети биткоина? <https://forklog.com/cryptorium/kak-otslezhivayutsya-tranzaksii-v-seti-bitkoina/> (дата обращения: 07.09.2022).

Как проверить и отследить транзакцию в сети биткоин <https://finswin.com/kripto/btc/tranzakcii-bitcoin.html>

Как осуществляются биткойн-транзакции <https://www.bitcoin.com/ru/get-started/how-bitcoin-transactions-work/> Ларин Д. С.Возможность использования биткоинов в отмывании денег. 2018, ГРНТИ 06.73.02

Салах К., Рехман М., Низамуддин Н., Аль-Фукаха А., 2019 — *Салах К., Рехман М., Низамуддин Н., Аль-Фукаха А.* Блокчейн для ИИ: обзор и открытые исследовательские задачи. *IEEE Access* 2019, 7. 10127–10149.

Что такое криптовалюта и как она применяется? <https://www.kaspersky.ru/resource-center/definitions/what-is-cryptocurrency> (дата обращения: 05.09.2022).

Что такое биткоин и как он работает? <https://forklog.com/cryptorium/chto-takoe-bitcoin> (дата обращения: 09.09.2022).

Что такое Биткоин транзакции: Как проверить транзакцию биткоин? <https://phemex.com/ru/academy/what-is-bitcoin-transaction>.

Что такое Блокчейн (Blockchain)? Технология распределенного реестра простыми словами. <https://www.seeneco.com/ru/blog/chto-takoe-blokchejn> (дата обращения: 11.09.2022).

Что такое Биткоин транзакции: как проверить транзакцию биткоин? <https://phemex.com/ru/academy/what-is-bitcoin-transaction/>(дата обращения: 27.09.2022).

#### REFERENCE

An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends [https://www.researchgate.net/publication/318131748\\_An\\_Overview\\_of\\_Blockchain\\_Technology\\_Architecture\\_Consensus\\_and\\_Future\\_Trends](https://www.researchgate.net/publication/318131748_An_Overview_of_Blockchain_Technology_Architecture_Consensus_and_Future_Trends).

Ajello N., 2015 — *Ajello N.* Fitting a Square Peg in a Round Hole: Bitcoin, Money Laundering, and the Fifth Amendment Privilege Against Self-Incrimination // *Brooklyn Law Review*. 2015. Volume 80. Issue 2.

Chuen D.L., 2015 — *Chuen D.L.* Handbook of Digital Currency. Bitcoin, Innovation, Financial instruments, And Big Data. USA, Academic Press, 2015.

Crypto Firms Can't Outrun the Travel Rule. <https://www.coindesk.com/layer2/2022/01/12/crypto-firms-cant-outrun-the-travel-rule/> (date of application: 06.10.2022).



Condos J., Sorrel W.H. & Donegan S.L., 2016 — *Condos J., Sorrel W.H. & Donegan S.L. Blockchain Opportunities*. Vermont. Retrieved from <https://legislature.vermont.gov/assets/Legislative-Reports/blockchain-technology-report-final.pdf>

Elliptic Data Set. Bitcoin Transaction Graph. <https://www.kaggle.com/ellipticco/elliptic-data-set> (date of application: 06.10.2022).

How are transactions tracked on the Bitcoin network? <https://forklog.com/cryptorium/kak-otslezhivayutsya-tranzaktsii-v-seti-bitkoina/> (date of application:07.09.2022).

How to check and track a transaction on the Bitcoin network. <https://finswin.com/kripto/btc/tranzakcii-bitkoin.html> (date of application:10.10.2022).

How are Bitcoin transactions carried out? <https://www.bitcoin.com/ru/get-started/how-bitcoin-transactions-work/> (date of application:10.10.2022).

Larin D.S., 2018 — *Larin D.S. The possibility of using bitcoins in money laundering*. 2018. GRNTI 06.73.02

Nakamoto S., 2022 — *Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. <http://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (date of application:05.09.2022).

The Zaif exchange was hacked. <https://incrypted.com/exchange-zaif-was-hacked/> (date of application: 23.09.2022).

Salah K., Rehman M., Nizamuddin N., Al-Fuqaha A., 2019 — *Salah K., Rehman M., Nizamuddin N., Al-Fuqaha A. Blockchain for AI: Review and Open Research Tasks*. IEEE Access 2019, 7. 10127–10149.

What is cryptocurrency and how is it applied? <https://www.kaspersky.ru/resource-center/definitions/what-is-cryptocurrency> (date of application:05.09.2022).

What is Bitcoin and how does it work? <https://forklog.com/cryptorium/chto-takoe-bitkoin> (date of application: 09.09.2022).

What are Bitcoin Transactions?: How to verify a Bitcoin transaction? <https://phemex.com/ru/academy/what-is-bitcoin-transaction> (date of application: 27.09.2022).

What is Blockchain? Distributed registry technology in simple words. <https://www.seeneco.com/ru/blog/chto-takoe-blokchejn> (date of application:11.09.2022).

What are Bitcoin Transactions: How to verify a Bitcoin transaction? <https://phemex.com/ru/academy/what-is-bitcoin-transaction/>(date of application:27.09.2022).

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

Volume 1, Number 345 (2023), 170-190  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.176>

UDK 004.67, 311.218

© **A. Mukhiyadin**<sup>1\*</sup>, **U. Makhazhanova**<sup>1\*</sup>, **M. Mukasheva**<sup>2</sup>,  
**A. Mukhanova**<sup>1</sup>, 2023

<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan;

<sup>2</sup>National Academy of Education named after I. Altynsarin, Astana, Kazakhstan.

E-mail: [makhazhan.ut@gmail.com](mailto:makhazhan.ut@gmail.com)

### INFORMATION TECHNOLOGIES AS A MEANS OF EXPERIMENTAL DATA ANALYSIS IN EMERGENCY DISTANCE LEARNING

**Ainur Mukhiyadin** — Doctoral student of the Department of Information technology. Faculty of information technologies. L.N. Gumilyov Eurasian National University. Satpaeva str. 8. 010000. Astana, Kazakhstan.

E-mail: [amukhiyadin@gmail.com](mailto:amukhiyadin@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-5576-7733>;

**Ulzhan Makhazhanova** — PhD. Department of Information technology. Faculty of information technologies. L.N. Gumilyov Eurasian National University. 010000. Satpaeva str. 8. Astana, Kazakhstan.

E-mail: [makhazhan.ut@gmail.com](mailto:makhazhan.ut@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-5528-8000>;

**Manargul Mukasheva** — Associate Professor. National Academy of Education named after I. Altynsarin. 010000. Astana, Kazakhstan.

E-mail: [mg.mukasheva@gmail.com](mailto:mg.mukasheva@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-8611-8303>;

**Ayagoz Mukhanova** — PhD. Department of Information technology. Faculty of information technologies. L.N. Gumilyov Eurasian National University. 010000. Satpaeva str. 8, Astana, Kazakhstan.

E-mail: [ayagoz198302@mail.ru](mailto:ayagoz198302@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3987-0938>.

**Abstract.** The COVID-19 pandemic has made adjustments in all spheres of human activity. The spheres which were not adapted to work in a remote format, namely secondary education organisations, were the hardest hit when almost all schools switched to emergency distance learning (EDL). The consequences of mass EDI highlight the need to analyse the experiences of mainstream schools in order to ensure favourable conditions for the future transition to emergency formats of learning. The purpose of the study was to identify the arguable factors that had the greatest impact on learning in Kazakhstani schools during the COVID-19 pandemic, based on big data analysis. Statistical analysis procedures such as Pearson Chi-square test and combinatorial tables were applied to test working hypotheses. The survey data was processed and the model was constructed using IBM SPSS

Statistics, version 23. This test was conducted between the questions determining the degree of learning activity of schoolchildren and the factors of influence of EDL on the learning process. The study used data from a survey conducted by the National Academy of Education named after I. Altynsarin in 2020 with the participation of 48,182 schoolchildren in the Republic of Kazakhstan.

**Keywords:** big data, Covid-19 data, big data processing, experimental data, emergency distance learning, contingency table, data analysis

© А.Ұ. Мұхиядин<sup>1\*</sup>, Ұ.Т. Махажанова<sup>1\*</sup>, М.У. Мукашева<sup>2</sup>,  
А.А. Муханова<sup>1</sup>, 2023

<sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан;

<sup>2</sup>Ы. Алтынсарин атындағы ұлттық білім академиясы, Астана, Қазақстан.

E-mail: makhazhan.ut@gmail.com

### АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙДА ҚАШЫҚТАН ОҚЫТУДА ЭКСПЕРИМЕНТТЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУ ҚҰРАЛЫ РЕТІНДЕ

**Мұхиядин Айнұр Ұлықпанқызы** — Докторант. Ақпараттық жүйелер кафедрасы, Ақпараттық технологиялар факультеті. Л.Н. Гумилева атындағы ЕҰУ. 010000. Саптаева к-сі, 2, Астана, Қазақстан.

E-mail: amukhiyadin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5576-7733>;

**Махажанова Улжан Танибергеневна** — PhD. Ақпараттық жүйелер кафедрасы. Ақпараттық технологиялар факультеті. Л.Н. Гумилева атындағы ЕҰУ. 010000. Саптаева к-сі, 2, Астана, Қазақстан.

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

**Мукашева Манаргуль Умиразковна** — Доцент. Ы. Алтынсарин атындағы ұлттық білім академиясы. 010000. Мәңгілік ел даңғылы, 8, Астана, Қазақстан.

E-mail: mg.mukasheva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8611-8303>;

**Муханова Аяғоз Асанбековна** — PhD. Ақпараттық жүйелер кафедрасы. Ақпараттық технологиялар факультеті. Л.Н. Гумилева атындағы ЕҰУ. Саптаева к-сі, 2. 010000. Астана, Қазақстан.

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

**Аннотация.** COVID-19 пандемиясы адам өмірінің барлық аспектілерін өзгертті. Барлық мектептер төтенше жағдайларда қашықтықтан оқытуға (ТЖҚО) көшкен кезде, ең қиын аймақтар ретінде қашықтан жұмыс істеуге бейімделмеген, атап айтқанда орта білім беру ұйымдары болды. Жаппай электрондық оқытудың салдарын жою келешекте төтенше жағдайдағы білім беру форматтарына көшкен кезде қолайлы жағдайларды қамтамасыз ету үшін жалпы білім беретін мектептердің тәжірибесін талдау қажеттігін көрсетеді. Зерттеудің мақсаты — үлкен деректерді талдау негізінде COVID-19 пандемиясына байланысты қазақстандық мектептерде ТЖҚО кезінде оқытуға неғұрлым елеулі әсер еткен дәлелді факторларды анықтау. Жұмыс гипотезаларын тексеру үшін Пирсонның Хи-квадрат тесті және біріктірілген кестелер сияқты статистикалық талдау процедуралары

қолданылды. Сауалнама деректері өңделді және модель IBM SPSS Statistics бағдарламасының 23-нұсқасы арқылы құрастырылды. Бұл тест студенттердің оқу белсенділігінің дәрежесін және оқу процесіне ТЖҚО-ң әсер ететін факторларды анықтайтын сұрақтар арасында жүргізілді. Зерттеу барысында Ы. Алтынсарин атындағы Ұлттық білім академиясы 2020 жылы Қазақстан Республикасы мектептерінен 48 182 оқушының қатысуымен жүргізген сауалнама деректері пайдаланылды.

**Түйін сөздер:** үлкен деректер, Covid-19 деректері, үлкен деректерді өңдеу, эксперименттік деректер, төтенше жағдайда қашықтықтан оқыту, күтпеген жағдайлар кестесі, деректерді талдау

© А.Ұ. Мұхиядин<sup>1\*</sup>, У.Т. Махажанова<sup>1\*</sup>, М.У. Мукашева<sup>2</sup>,  
А.А. Муханова<sup>1</sup>, 2023

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,  
Астана, Казахстан;

<sup>2</sup>Национальная академия образования им. И. Алтынсарина,  
Астана, Казахстан.

E-mail: makhazhan.ut@gmail.com

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СРЕДСТВО АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ ЭКСТРЕННОМ ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ**

**Мұхиядин Айнұр Ұлықпанқызы** — Докторант, кафедра Информационные системы, факультет Информационных технологий. ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. ул. Сатпаева, 8. 010000. Астана, Казахстан.

E-mail: amukhiyadin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5576-7733>;

**Махажанова Улжан Танибергеновна** — PhD, кафедра Информационные системы, факультет Информационных технологий. ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. ул. Сатпаева, 8. 010000. Астана, Казахстан.

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

**Мукашева Манаргуль Умирзаковна** — Доцент. Национальная академия образования имени Ы. Алтынсарина. 010000, пр.Мангилик ел, 8. Астана, Казахстан.

E-mail: mg.mukasheva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8611-8303>;

**Муханова Аягоз Асанбековна** — PhD, кафедра Информационные системы, факультет Информационных технологий. ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 8. 010000. Астана, Казахстан.

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

**Аннотация.** Пандемия COVID-19 внесла коррективы во все сферы жизнедеятельности человека. Сложнее всего пришлось сферам, не приспособленным к работе в удаленном формате, а именно организациям среднего образования, когда практически все школы перешли на экстренное дистанционное обучение (ЭДО). Устранение последствия массового ЭДО показывает на необходимость анализа опыта общеобразовательных школ в целях обеспечения благоприятных условий в будущем, при переходе

экстренным форматам обучения. Цель исследования — определение аргументированных факторов, которые оказали наиболее значительное влияние на обучение в казахстанских школах во время ЭДО в связи с пандемией COVID-19 на основе анализа больших данных. Для проверки рабочих гипотез были применены такие статистические процедуры анализа, как тест Хи-квадрат Пирсона и комбинационные таблицы. Обработка данных опроса и построение модели было произведено с помощью программы IBM SPSS Statistics, версия 23. Данный тест был проведен между вопросами, определяющими степень учебной активности учащихся и факторов влияния ЭДО на учебный процесс. В исследовании использованы данные опроса, проведенного Национальной академией образования им. И. Алтынсарина в 2020 году с участием 48 182 обучающихся школ Республики Казахстан.

**Ключевые слова:** большие данные, Covid-19 data, обработка больших данных, экспериментальные данные, экстренное дистанционное обучение, таблица сопряженности, анализ данных

### **Введение**

По данным ЮНЕСКО, массовый переход на дистанционное обучение учреждений систем образования — школ и университетов — наблюдался на фоне вспышки Covid-19 в 192 странах и затронул 91,4% зачисленных учащихся (UNESCO, 2020). Данный переход был вынужденной мерой, призванной свести к минимуму вероятность заражения среди преподавателей и учащихся. В этой связи школам пришлось полностью ввести дистанционный формат вместо традиционного обучения.

Неподготовленность школ в ряде стран, в том числе в Казахстане к такому формату, отсутствие опыта дистанционного обучения в школах вызвало много проблем как среди учителей, так и среди школьников. Основными можно обозначить следующие – резкое снижение уровня удовлетворенности классом, снижение эффективности занятий, уменьшение концентрации внимания, появление дезадаптации к онлайн-обучению, отсутствие связи между учащимся и учителями. Дополнительными негативными факторами онлайн-обучения можно назвать отсутствие явного физического места обучения и невозможность гибкого регулирования времени. Данные факторы потребовали большей самостоятельности в обучении школьников (Cho et al., 2021).

Сбор данных проводился по завершении третьей четверти, когда обучение проводилось в ЭДО формате в 2020 году.

Исследование предполагает:

*H1.* Благоприятные условия жизни положительно влияют на учащихся при ЭДО;

*H2.* Отличная успеваемость положительно влияет на учебную активность учащихся при ЭДО;

*Н3.* Удовлетворительное физико-эмоциональное состояние положительно влияет на обучение учащихся в условиях ЭДО;

*Н4.* Техническая обеспеченность учащихся оказывает влияние на удобство обучения при ЭДО;

*Н5.* Возможность общения со сверстниками является одним из самых важных факторов возникновения интереса к учебной деятельности при ЭДО.

*Обзор литературы.* Ситуация с COVID-19 показала миру, что во время пандемии одним из самых безопасных и доступных средств обеспечения жизни человека являются цифровые технологии. Поскольку технологии становятся жизненно важными для устойчивого социального и экономического развития, правительства, отраслевые организации и предприятия переосмысливают свои стратегии и подходы к ИТ-операциям, ИТ-безопасности, удаленной работе и коммуникациям. Образование и наука как жизненно важные отрасли любого государства также перестраиваются в новых неожиданных условиях. Массовое дистанционное обучение по-прежнему остается одним из наиболее приемлемых способов поддержания функционирования системы образования в ситуации, вызванной пандемией.

Дистанционное обучение — это стратегия обучения, использующая Интернет как средство синхронного или асинхронного взаимодействия между участниками процесса обучения и доставки учебных материалов (Negash et al., 2008).

Этот вид образования можно определить как «формальное обучение на базе учебного заведения, где учебная группа географически разделена, а интерактивные телекоммуникационные системы используются для соединения студентов, ресурсов и преподавателей» (Simonson et al., 2019). Еще одной особенностью дистанционного обучения является то, что студенты также могут быть разделены по времени, в частности, каждый из них может заниматься в удобном для себя темпе, в соответствии с графиком. Эта особенность называется асинхронным дистанционным обучением, а противоположное (одновременное обучение) — синхронным дистанционным обучением (Kaplan et al., 2016). В период пандемии большинство учебных заведений по всему миру оказались не готовы к дистанционному обучению. Создание многофункциональной цифровой платформы, адаптация методологии обучения и учебных материалов, а также подготовка самих учителей и учащихся к цифровому обучению требовали времени и ресурсов, которых у многих просто не было. По этой причине формат дистанционного обучения, на который во время пандемии перешли почти все образовательные учреждения получил название «экстренное дистанционное обучение», известное под аббревиатурой (ERT — Emergency Remote Teaching) (Toquero, 2020).

Исследования в области дистанционного образования показывают, что существует ряд факторов, оказывающих значительное влияние на цифровое

обучение. Например, исследования L.Y. Muilenberg и D.L. Berge выявили следующие факторы, влияющие на результаты обучения при дистанционном обучении (Muilenberg et al., 2005):

- 1) административные вопросы;
- 2) социальное взаимодействие;
- 3) академические навыки;
- 4) технические навыки;
- 5) мотивация учащихся;
- 6) время обучения и поддержка учебы;
- 7) стоимость и доступность Интернета;
- 8) технические проблемы.

Также в исследованиях K. Becker, C. Newton и S. Sawang было отмечено, что на внедрение электронного обучения оказывают влияние следующие факторы (Becker et al., 2013):

- 1) природа электронного обучения как подхода;
- 2) использование технологий;
- 3) наличие времени;
- 4) возможные перерывы при использовании электронного обучения (Hasani et al., 2020).

Исследования таких ученых, как J.E. Yoo и S. Babie показали взаимосвязь между удовлетворенностью обучением и активностью взаимодействия между учителем и учеником. Отчеты исследователей показывают результаты, которые подтверждают, что удовлетворенность обучением напрямую зависит от количества взаимодействия между учителем и учеником (Yoo, 2020; Babie et al., 2016).

Кроме того, такие аспекты, как технические проблемы, отсутствие структуры, турбулентность в потоке занятий, проблемы с прояснением сомнений, а также отсутствие интереса и мотивации к посещению занятий подчеркнули низкую мотивацию онлайн-подхода. W. He и J. Xiao использовали количественные и качественные данные опроса китайских университетов и проанализировали некоторые факторы (He et al., 2020), обычно используемые в академических исследованиях для измерения эффективности ЭДО с точки зрения как студентов, так и преподавателей. Исходя из результатов, W. He и J. Xiao отмечают, что основными проблемами, с которыми сталкивались ученики, были: учителя, которые не знакомы или не умеют обращаться с онлайн-инструментами обучения, легко отвлекаются на домашнем обучении другими членами семьи, а также перегруженность или отключение сети.

Можно понять, что проблемы изменения образовательной методологии многочисленны и глобальны. Каждая проблема может представлять собой несколько факторов, которые могут негативно повлиять на переход учащихся; например, проблема цифрового неравенства должна учитывать цифровые навыки учащихся, качество доступа в Интернет и используемое

оборудование (Williamson et al., 2020), среди прочих факторов. S. Manca и M. Delfino измеряют адаптацию итальянских школьников к взаимодействию между преемственностью и изменениями в школьной практике преподавания и обучения, вызванными пандемией (Manca et al., 2021). Они использовали данные системы управления школой и анкеты, применяемые к учащимся, учителям и родителям. Интересный результат, полученный в этом исследовании, заключается в том, что устойчивый ранее существовавший уровень цифровой компетентности и сотрудничество в школьном сообществе были наиболее важными факторами для нетравматичного перехода к дистанционному обучению.

### **Материалы и методы**

*Сбор данных.* Данные опроса рассматривались в 4-х контекстах.

Контекстный блок;

Содержательный блок;

Эргономический блок;

Техническая поддержка;

Психоэмоциональный блок.

Поскольку характеристики участников опроса неоднородны, с учащимися разного возраста, социальных классов и поддержки семьи, многие факторы могут повлиять на принятие нового типа образования, в нашем случае экстренного дистанционного обучения. Считается, что наличие подходящей домашней среды обучения с хорошими технологическими ресурсами, цифровыми навыками, местом учебы являются важными факторами, которые положительно влияют на отношение к ЭДО и, следовательно, обеспечивают лучшую адаптацию и прогресс в дистанционном обучении. С учетом изложенного была сформирована схема предполагаемых факторов для определения гипотез. (Рисунок 1).



*Рис. 1. Модель предполагаемых факторов, влияющих на учащихся при ЭДО  
(Fig. 1. Model of assumed factors influencing students in EDL)*

В опросе приняли участие 48182 обучающихся общеобразовательных школ 16 областей и городов республиканского значения, из них 23348 учащихся в городских школах, 23584 сельских школ и МКШ (Таблица 1)



Таблица 1. Профиль участников опроса

	Частота (n)	Процент (%)
Статус школы	n	%
городские	23 348	48,79
сельские	23 584	49,29
МКШ	1 248	1,92
Статус ученика	n	%
начальные классы	11 437	23,55
средние классы	27 705	57,97
старшие классы	9 040	18,48
Язык обучения	n	%
казахский	26 020	54,36
русский	21 098	43,97
узбекский	1 062	1,67

Опросный лист состоит из 32 закрытых вопросов. Вопросы сгруппированы на 5 блоков. Каждый блок отвечает за освещение определенного аспекта. Структура опросника представлена в Таблице 2.

Таблица 2. Тематический анализ структуры опросника

Тема	Подтема	Типы ответов
Контекстный блок	Статус школы	городские, сельские, МКШ
	Статус ученика	начальные классы, средние классы, старшие классы
	Язык обучения	казахский, русский, узбекский
	Регион проживания	Астана, Алматы, Шымкент и т.д.
	Доступность устройств	Отсутствие планшета, ноутбука, рабочей зоны
Содержательный блок	Формат дистанционного обучения	Использование видеосвязи, телеуроков учителем. Самостоятельные работы учащихся по материалам, по заданиям с использованием различных ресурсов
	Успехи, навыки, действия при ДО	Оценки по предметам, навыки владения компьютером для подготовки к урокам, форма выполнения домашних работ
	Плюсы ДО	Интересные уроки, интерактивность, самостоятельность, ответственность, индивидуальность, трата меньше времени
	Учебная активность	Причины и факторы
Эргономический блок	Удобство ДО	Время, проведенное за компьютером, выполнение задания
	Физическая активность	Выполнение разминки, нагрузка на физическое здоровье
Техническая поддержка	Наличие Интернета	Слабые стороны Интернет-сигнала
	Использование образовательных ресурсов	Гаджеты, учебники, ТВ уроки, онлайн общение с учителем

	Качество цифрового контента	Использование различных модулей и мероприятий для вовлечения студентов
	Присутствие Учителя	Обеспечить своевременную обратную связь, виртуальные рабочие часы
Психоэмоциональный блок	Родительские заботы	Помощь при выполнении уроков, проблемы с подключением, освоение нового материала
	Нормы и традиции	Дефицит социальной активности в школе, ссоры с членами семьи
	адаптация	Сложность адаптации к ДО

Данные опроса представляет собой большую базу данных, который содержит 48182 записей с 32 полями.

Для анализа экспериментальных данных, в частности, базы данных из 48182 записей были использованы методы описательной статистики, таблицы сопряженности для обработки больших данных.

Собранные данные были проанализированы с использованием описательной статистики и логического анализа с использованием статистического пакета для социальных наук (SPSS) и множественного регрессионного анализа. Затем данные были представлены в виде таблиц и диаграмм.

### **Методы**

Для проверки данных рабочих гипотез были применены такие статистические процедуры анализа, как тест Хи-квадрат Пирсона и визуализация комбинационных таблиц. Обработка данных опроса и построение модели будет произведено с помощью программы IBM SPSS Statistics (Statistical Package for the Social Sciences), версия 23.

Связь между двумя переменными, относящимися к номинальной или порядковой шкале, проверяется с помощью теста Хи-квадрат Пирсона, при котором проверяется, есть ли значимое различие между наблюдаемыми и ожидаемыми частотами. При проведении теста хи-квадрат проверяется взаимная независимость двух переменных таблицы сопряженности и благодаря этому косвенно выясняется зависимость обеих переменных. Нулевая гипотеза утверждает, что две переменные считаются взаимно независимыми, если наблюдаемые частоты в ячейках совпадают с ожидаемыми частотами. Если же наблюдаемые и ожидаемые частоты статистически различаются, то нулевая гипотеза отклоняется и принимается альтернативная гипотеза, которая утверждает, что две переменные являются взаимозависимыми.

Данный тест был проведен между вопросами о степени изменения активности учеников и технической обеспеченностью (H1), степенью успеваемости (H2), и физико-эмоционального состояния (H3). Еще были протестированы вопросы между удобством обучения по средствам ЭДО и семейных отношениях учащихся (H4), а также дефицит социальных отношений и желанием продолжить обучение дистанционно (H5). Все тесты показали статистически значимый результат, что свидетельствует о наличии взаимосвязи между вопросом о пользе академической мобильности и другими вопросами анкета (Таблица-3).

Таблица 3. Результаты теста Хи-квадрат Пирсона

Критерии Хи-квадрат				
		Значение	ст.св.	Асимптотическая значимость (2-сторонняя)
Н1	Хи-квадрат Пирсона	20931,690 <sup>a</sup>	9	,000*
	Отношения правдоподобия	4760,651	9	,000*
	Количество допустимых наблюдений	48182		
	а. Для числа ячеек 0 (0,0%) предполагается значение, меньше 5. Минимальное предполагаемое число равно 18,80.			
Н2	Хи-квадрат Пирсона	28007,325 <sup>a</sup>	12	,000*
	Отношения правдоподобия	9245,908	12	,000*
	Количество допустимых наблюдений	48182		
	а. Для числа ячеек 0 (0,0%) предполагается значение, меньше 5. Минимальное предполагаемое число равно 19,54.			
Н3	Хи-квадрат Пирсона	27214,597 <sup>a</sup>	9	,000*
	Отношения правдоподобия	11979,669	9	,000*
	Количество допустимых наблюдений	48182		
	а. Для числа ячеек 0 (0,0%) предполагается значение, меньше 5. Минимальное предполагаемое число равно 23,95.			
Н4	Хи-квадрат Пирсона	25665,250 <sup>a</sup>	12	,000*
	Отношения правдоподобия	9054,589	12	,000*
	Количество допустимых наблюдений	48182		
	а. Для числа ячеек 0 (0,0%) предполагается значение, меньше 5. Минимальное предполагаемое число равно 26,82.			
Н5	Хи-квадрат Пирсона	29857,969 <sup>a</sup>	12	,000*
	Отношения правдоподобия	10833,497	12	,000*
	Количество допустимых наблюдений	48182		
	а. Для числа ячеек 0 (0,0%) предполагается значение, меньше 5. Минимальное предполагаемое число равно 43,25.			
*. Статистика хи-квадрат значима на уровне ,001.				

### Результаты

Показателем тесноты связи  $V$  Крамера является наглядная интерпретация связи между переменными в виде коэффициента, лежащего в пределах от 0 до 1 и принимающего нулевое значение для некоррелированных переменных и единичное значение для строго связанных переменных.

Все значения мер сопряженности показали статистически значимый результат с уровнем возможной ошибки первого рода равной 0,001. Из сопряженных таблиц, приведенных ниже, можно сделать вывод, что для учеников, которые проявили наибольшую активность, главными причинами являются факторы наличия рабочей зоны дома (Таблица 4) и отличная успеваемость учащихся (Таблица 5), а также удобства обучения в домашних условиях (Таблица 6).

Из данных в Таблицах 7 и 8 можно заметить, что на учащихся значительно

вливают социальные (внутренние и внешние) факторы, а также дефицит живого общения отрицательно мотивирует учащихся на использование дистанционного обучения в будущем.

Таблица 4. Комбинационная таблица. Наличие рабочей зоны дома  
\* Учебная активность при ЭДО

Н1. Благоприятные условия жизни положительно влияют на учащихся при ЭДО;			Учебная активность при ЭДО				Всего	
			без изменений	заметное увеличение активности	незначительное увеличение активности			
Наличие рабочей зоны дома		Количество	627	27	68	53	775	
		% общего итога	1,3%	0,1%	0,1%	0,1%	1,6%	
	имею	Количество	467	7765	16607	16337	41176	
		% общего итога	1,0%	16,1%	34,5%	33,9%	85,5%	
	имею, по очереди с братом/сестрой	Количество	47	1254	1265	1969	4535	
		% общего итога	0,1%	2,6%	2,6%	4,1%	9,4%	
	не имею	Количество	28	477	499	692	1696	
		% общего итога	0,1%	1,0%	1,0%	1,4%	3,5%	
	Всего		Количество	1169	9523	18439	19051	48182
			% общего итога	2,4%	19,8%	38,3%	39,5%	100,0%

Таблица 5. Комбинационная таблица. Каковы были Ваши успехи до дистанционного обучения?  
\* Учебная активность при ЭДО

Н2. Отличная успеваемость положительно влияет на учебную активность учащихся при ЭДО;			Учебная активность при ЭДО				Всего	
			без изменений	заметное увеличение активности	незначительное увеличение активности			
Каковы были Ваши успехи до дистанционного обучения?		Количество	686	22	48	50	806	
		% общего итога	1,4%	0,0%	0,1%	0,1%	1,7%	
	отлично	Количество	216	3641	11556	6545	21958	
		% общего итога	0,4%	7,6%	24,0%	13,6%	45,6%	
	смешанно	Количество	96	2620	1511	3803	8030	
		% общего итога	0,2%	5,4%	3,1%	7,9%	16,7%	
	удовлетворительно	Количество	67	1085	1388	3201	5741	
		% общего итога	0,1%	2,3%	2,9%	6,6%	11,9%	
	хорошо	Количество	103	2155	3936	5453	11647	
		% общего итога	0,2%	4,5%	8,2%	11,3%	24,2%	
	Всего		Количество	1168	9523	18439	19052	48182
			% общего итога	2,4%	19,8%	38,3%	39,5%	100,0%

Таблица 6. Комбинационная таблица. Удобство обучения в домашних условиях при ЭДО  
\* Учебная активность при ЭДО

Н3. Удовлетворительное физико-эмоциональное состояние положительно влияет на обучение учащихся в условиях ЭДО;			Учебная активность при ЭДО				Всего
				без изменений	заметное увеличение активности	незначительное увеличение активности	
Удобство обучения в домашних условиях при ЭДО		Количество	687	78	77	146	988
		% общего итога	1,4%	0,2%	0,2%	0,3%	2,1%
	удобно	Количество	315	3276	15417	12343	31351
		% общего итога	0,7%	6,8%	32,0%	25,6%	65,1%
	не очень удобно	Количество	99	3266	2139	4859	10363
		% общего итога	0,2%	6,8%	4,4%	10,1%	21,5%
	не удобно	Количество	67	2903	806	1704	5480
		% общего итога	0,1%	6,0%	1,7%	3,5%	11,4%
Всего		Количество	1168	9523	18439	19052	48182
		% общего итога	2,4%	19,8%	38,3%	39,5%	100,0%

Таблица 7. Комбинационная таблица. Частота ссор в семье из-за гаджетов  
\* Удобство на онлайн-уроках в домашних условиях

Н4. Техническая обеспеченность учащихся оказывает влияние на удобство обучения при ЭДО;			Удобство обучения в домашних условиях при ЭДО				Всего	
				удобно	не очень удобно	не удобно		
Частота ссор в семье из-за гаджетов		Количество	756	368	103	81	1308	
		% общего итога	1,6%	0,8%	0,2%	0,2%	2,7%	
	Всегда	Количество	12	570	383	682	1647	
		% общего итога	0,0%	1,2%	0,8%	1,4%	3,4%	
	Часто	Количество	12	899	876	834	2621	
		% общего итога	0,0%	1,9%	1,8%	1,7%	5,4%	
	Иногда	Количество	57	5211	3085	1447	9800	
		% общего итога	0,1%	10,8%	6,4%	3,0%	20,3%	
	Никогда	Количество	151	24302	5916	2436	32805	
		% общего итога	0,3%	50,4%	12,3%	5,1%	68,1%	
	Всего		Количество	988	31350	10363	5480	48181
			% общего итога	2,1%	65,1%	21,5%	11,4%	100,0%

Таблица 8. Комбинационная таблица. Социально-коммуникативные факторы при ЭДО  
\* Желание использовать ДО в будущем?

Н5. Возможность общения со сверстниками является одним из самых важных факторов возникновения интереса к учебной деятельности при ЭДО.			Желание использовать ДО в будущем в образовательных целях				Всего
				затрудняюсь ответить	да	нет	
Социально-коммуникативные факторы при ЭДО		Количество	1070	48	99	193	1410

	недостаток общения с друзьями	% общего итога	2,2%	0,1%	0,2%	0,4%	2,9%
		Количество	166	3482	5667	11941	21256
	недостаток очного контакта с учителем	% общего итога	0,3%	7,2%	11,8%	24,8%	44,1%
		Количество	99	1007	1608	5579	8293
	недостаток традиционных уроков	% общего итога	0,2%	2,1%	3,3%	11,6%	17,2%
		Количество	59	1039	859	5284	7241
	полностью устраивает	% общего итога	0,1%	2,2%	1,8%	11,0%	15,0%
		Количество	84	1444	4896	3558	9982
Всего		% общего итога	0,2%	3,0%	10,2%	7,4%	20,7%
		Количество	1478	7020	13129	26555	48182
		% общего итога	3,1%	14,6%	27,2%	55,1%	100,0%
		Количество	1478	7020	13129	26555	48182

Таблица 8. Комбинационная таблица. Социально-коммуникативные факторы при ЭДО  
\* Желание использовать ДО в будущем?

Н5. Возможность общения со сверстниками является одним из самых важных факторов возникновения интереса к учебной деятельности при ЭДО.			Желание использовать ДО в будущем в образовательных целях				Всего
			затрудняюсь ответить	да	нет		
Социально-коммуникативные факторы при ЭДО		Количество	1070	48	99	193	1410
		% общего итога	2,2%	0,1%	0,2%	0,4%	2,9%
	недостаток общения с друзьями	Количество	166	3482	5667	11941	21256
		% общего итога	0,3%	7,2%	11,8%	24,8%	44,1%
	недостаток очного контакта с учителем	Количество	99	1007	1608	5579	8293
		% общего итога	0,2%	2,1%	3,3%	11,6%	17,2%
	недостаток традиционных уроков	Количество	59	1039	859	5284	7241
		% общего итога	0,1%	2,2%	1,8%	11,0%	15,0%
	полностью устраивает	Количество	84	1444	4896	3558	9982
		% общего итога	0,2%	3,0%	10,2%	7,4%	20,7%
Всего		% общего итога	3,1%	14,6%	27,2%	55,1%	100,0%
		Количество	1478	7020	13129	26555	48182

*Дискуссия.* Распределение вопросов по блокам позволило сгруппировать ключевые выводы исследования, ориентируясь на ответы, представленные обучающимися.

Для получения реальных данных, полностью отражающих ситуацию, были проанализированы результаты в разрезе каждого блока.

#### А) Контекстный блок

Исследованием охвачены обучающиеся начальной, средней и старшей школы. Наибольшую долю участников составили обучающиеся средней школы (58%).

Наиболее важным фактором в контекстном блоке являлось создание условия для обучения. Соответствующие условия для онлайн-обучения дома созданы у значительной доли респондентов (87%). Методом сопряженных таблиц можно понять, что условия в домашних условиях практически равнозначны показатели сельских и городских школьников.

При этом 1 677 школьника не имеют отдельного рабочего места дома, из них 58% являются сельскими школьниками, эти данные отражены в Рисунке 2.

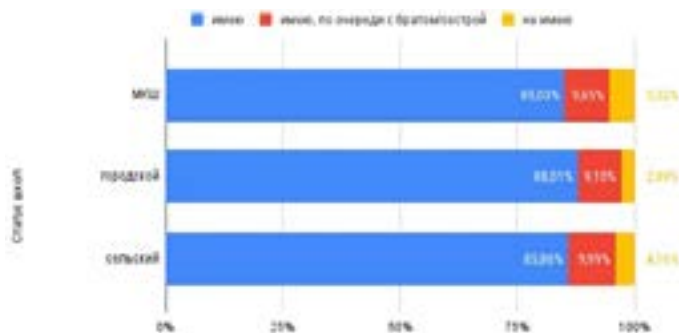


Рис. 2. Доля обучающихся, имеющих возможность дистанционного обучения дома и проживающих в разных местностях

(Fig. 2. Percentage of students with distance learning at home and living in different areas)

#### В) Содержательный блок

Вопросы содержательного блока нацелены на определение таких факторов, как адаптированность методов обучения с учетом ЭДО.

##### Наглядность обучения

Для повышения качества дистанционного обучения необходимо использовать методы и способы, приводящие к эффективному освоению учебного материала. В этой связи было важно определить используемые методики дистанционного преподавания и обучения.

Результаты анкетирования показали, что изучение нового учебного материала по презентациям, опорным карточкам, предоставленным учителем в электронном дневнике или по почте (мессенджеру), наиболее приемлемо для 39,9% респондентов. Данный фактор оказывает влияние как на организацию учебного процесса, так и на учащегося.

При онлайн-обучении чаще всего обучающиеся осваивают материал самостоятельно. Результаты анкетирования показали низкий процент по

данному показателю — всего 14,5% респондентов выполняют задания учителя на образовательных порталах самостоятельно. При изучении данного факта можно говорить как о невысоком уровне владения педагогов цифровыми ресурсами, так и незначительной мотивации в самостоятельном изучении материала обучающимися.

Всего 23% обучающихся самостоятельно отрабатывают задания учителей при помощи печатных изданий (учебники, энциклопедии, книги, тетради и др.). Однако указанная форма освоения нового материала не соответствует требованиям методики обучения с использованием дистанционных технологий обучения.

Территориальная принадлежность также выявила разницу в использовании технических средств. Так, опрос показал, что показатель сельских школьников, обучавшихся посредством видеосвязи и телеуроков, выше в сравнении с городскими (город — 7,7%, село — 13,9%). Городские школьники при обучении использовали преимущественно учебный материал, передаваемый учителем через электронный дневник или по мессенджерам (Рисунок 3).

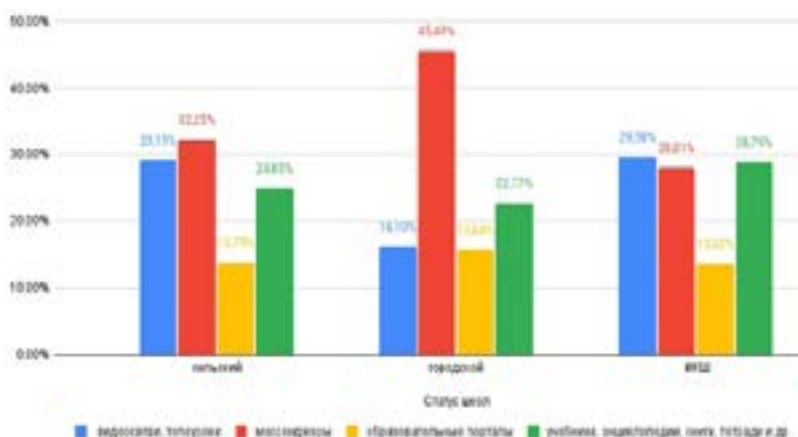


Рис. 3. Доля технических средств, которые использовались для обучения в домашних условиях в территориальном разрезе  
(Fig. 3. Share of technology used for home learning by region)

Успеваемость школьников зависит от множества различных факторов, к которым можно отнести и психо-эмоциональное состояние и личностные особенности ребенка. Например, медлительность, рассеянность, боязнь неверно отвечать на вопросы, критика ученика перед одноклассниками учителем. Влияние этих факторов чаще всего несет негативный характер.

При ответе на вопрос «Что нравится вам в дистанционном обучении?» респонденты также указали, что дистанционное обучение позволяет использовать другие ресурсы, кроме учебников (15,5%), предоставляет больше самостоятельности и свободы (10,7%). Рисунок 4.





Рис. 4. Факторы, определяющие преимущество дистанционного обучения  
(Fig. 4. Factors that determine the advantage of distance learning)

Безусловно, активное применение цифровых технологий в преподавании способствует усилению вовлечения школьников в учебный процесс. По Рисунку 4 можно увидеть, что показатель вовлеченности выше у сельских школьников, чем у городских.

### С) Эргономический блок

Еще одним фактором, оказывающим негативное влияние на школьников при дистанционном формате обучения, оказалось отсутствие социального общения. Среда, в которой формируется личность, приобретая такие важные навыки как слушание и слышание, командная работа, лидерство, очень важна. На формирование этих навыков могут влиять следующие факторы – низкий уровень самостоятельности и собранности школьника, неумение сосредоточиться, манипуляции родительским вниманием и излишняя опека и контроля с их стороны.

Результаты исследования показали, что сельские и городские школьники проводили за компьютером не более 3-х часов в день. Однако показатель обучения с использованием компьютерной техники более 4-х часов, выше у городских школьников. Основанием для такого фактора явилось то, что школьники больших и малых городов были вынуждены соблюдать жесткий режим карантина.

Опрос показал, что подавляющее большинство школьников не испытывали особых трудностей в период дистанционного обучения. Низкое качество или отсутствие стабильного Интернета оказалось наиболее сложной ситуацией, с которой столкнулись респонденты. Трудности с освоением нового, сложного материала указали 12% респондентов.

На вопрос «Что Вам мешает обучаться дистанционно?» относительно большинством было отмечено, что трудностей не возникало, а примерно такое же количество учащихся отметили низкое качество Интернет-соединении:

- a) Низкое качество или отсутствие стабильного Интернета – 21,8%
- b) Отсутствие или недостаточное качество компьютерной техники (ноутбук, камера и т.д.) – 3%
- c) Значительное увеличение учебной нагрузки для самостоятельного изучения – 6%
- d) Трудности с освоением нового, сложного материала – 7,6%
- e) Отсутствие удаленного доступа к учебным ресурсам – 0,32%
- f) Организационные сложности, отсутствие точной и своевременной информации – 0,47%.
- g) Проведение промежуточной и итоговой аттестации – 0,04%
- h) Отсутствие связи с учителями – 0,02%
- i) Трудностей не возникло – 25,4%

При ответе на данный вопрос респондентам предоставлялась возможность выбирать несколько ответов одновременно. Ответы респондентов сложились следующим образом: наибольшая доля ответов у комплекта ответов а), с) и d) - а) Низкое качество или отсутствие стабильного Интернета, с) Значительное увеличение учебной нагрузки для самостоятельного изучения, d) Трудности с освоением нового, сложного материала.

#### *D) Инструментально-технологический блок*

Позиция среди исследователей и экспертов к использованию технического оборудования и гаджетов неоднозначна. Одни исследователи считают, что частое и долгое использование смартфонов может быть критически опасным для здоровья (маленький экран, электромагнитное излучение и др.). Другие эксперты акцентируют внимание на том, что гаджеты значительно уступают компьютерам и ноутбукам (зачастую устаревшие, ограниченные возможности быстрого поиска информации и др.).

Результаты исследования показали, что в режиме дистанционного обучения более 80% школьников использовали смартфоны. Показатель учебных действий посредством ноутбука и настольного компьютера был минимальным, всего 1,2% от общего числа опрошенных. Данный показатель отражает финансовое состояние семьи школьника.

#### *E) Психозоциальный блок*

Психозоциальный контекст ответов участников дистанционного обучения является одним из ключевых проведенного исследования. Доля респондентов, не испытывавших затруднения во время дистанционного обучения, превалирует (57,8% ответы «легко» и «очень легко»).

Важность социальной среды для школьников подтверждается их ответами. Ответ на вопрос «Чего больше всего не хватает Вам в условиях дистанционного обучения?» показал, что более 46% респондентов указали, что нуждались в общении с друзьями. Коммуникаций с учителями не хватало 17,4% школьников — Рисунок 5.

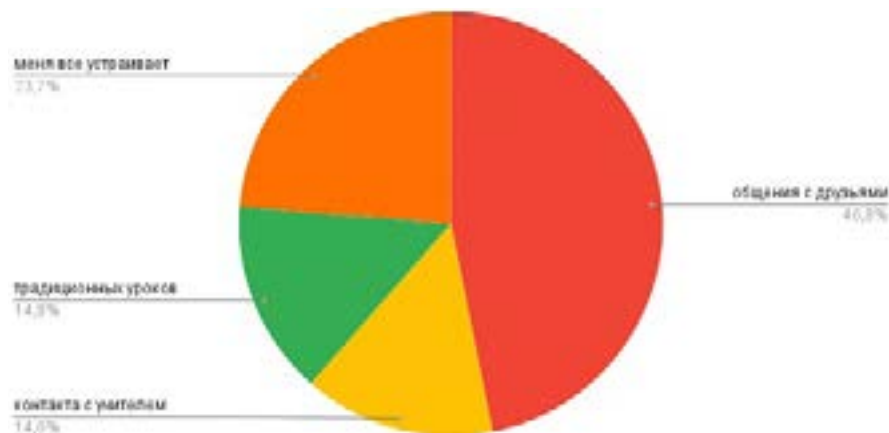


Рис. 5. Социальный аспект дистанционного обучения  
(Fig.5. Social aspect of distance learning)

Вне зависимости от территориальной принадлежности большинство опрошенных считают, что им не хватает общения с друзьями (Результаты мониторинга по дистанционному обучению в среднем образовании. I часть. Обучающиеся. НАО им. Ы. Алтынсарина, г. Нур-Султан, 2020.).

### **Заключение**

Анализ источников, посвященных применению информационных технологий в социологических исследованиях, позволяет сделать вывод, что для сбора данных в процессе изучения социализации личности целесообразно использовать онлайн-опрос. Кроме того, существуют различные веб-сервисы (например, Survey Monkey), которые предоставляют более мощные возможности, но являются платными. Для обработки полученных данных в практике социологических исследований используют статистические пакеты (Statgraphics, Statistica, S-plus, SPSS, Systat и др.), в составе которых реализованы различные методы статистического анализа, позволяющие выполнять структурирование и классификацию информации, выявлять связи между признаками, проверять статистические гипотезы и т.д. Кроме того, для обработки данных несистематических исследований с большим размером аудитории респондентов в некоторых случаях целесообразно использовать электронные таблицы (Google Sheets, MS Excel и др.), поскольку они содержат базовые инструменты статистического анализа, но не требуют знания специального программного обеспечения.

Наличие взаимосвязи между вопросами о степени изменения активности учеников в условиях дистанционного обучения и причинами этой активности, можно оценить с помощью расчетов меры сопряженности  $V$  Крамера и тестирования Хи-квадрат Пирсона, которые являются аналогами коэффициента корреляции, разработанные для номинальных переменных,

и имеют числовое значение. Тестирование таких методов, больше всего подходит для обработки социальных данных, собранных по результатам опроса.

Проведенное исследование показало наличие факторов, влияющих в организации учебного процесса в школах во время экстренного дистанционного обучения. К тому же были выявлены причины, которые имеют большое влияние на поведение учащихся во время ЭДО. К самым важным из них можно отметить факторы обеспеченности учащихся техническими средствами и условиями в домашней среде. А также большое влияние оказывает отсутствие социальной среды и живого общения со сверстниками на мотивацию к обучению по средствам дистанционных технологии в будущем.

Выявление таких факторов позволит сформировать методики обучения, нацеленные на повышение качества учебного процесса даже в условиях экстренного дистанционного формата обучения.

Тем не менее, работа имеет ограничение, связанное с тем, что в рамках исследования методы тестировались (пусть и с проведением статистической оценки влияния дистанционного обучения на учащихся по всем факторам) только на одном эмпирическом примере, и нет оснований утверждать, что методы «поведут себя» так же на других данных.

#### ЛИТЕРАТУРЫ

Бабие С., Чичин-Шайн М. и Бубаш Г., 2016 — *Бабие С., Чичин-Шайн М. и Бубаш Г.* Исследование факторов, влияющих на намерение преподавателей высших учебных заведений использовать электронное обучение в гибридных средах», 39-я Международная конвенция по информационным и коммуникационным технологиям, электронике и Микроэлектроника (МИПРО), стр. 998–1003, doi: 10.1109/MIPRO.2016.7522285.

Беккер К., Ньютон К. и Саванг С., 2013 — *Беккер К., Ньютон К. и Саванг С.* Взгляд учащегося на препятствия для электронного обучения, *Aust. J. Обучение взрослых.*, том. 53, стр. 211–233.

Каплан А.М., Хенляйн М., 2016 — *Каплан А.М., Хенляйн М.* Высшее образование и цифровая революция: о MOOC, SPOC, социальных сетях и Cookie Monster. *Бус Гориз.* 59 (4), стр. 441–450.

Манка С., Дельфино М., 2021 — *Манка С., Дельфино М.* Адаптация образовательных практик в условиях дистанционного обучения в чрезвычайных ситуациях: преэминентность и изменения с точки зрения учащихся. *Британский журнал образовательных технологий*, 52 (4), стр. 1394–1413.

Мукашева М., Чоросова О., Жилбаев З., Паевская Ю., 2020 — *Мукашева М., Чоросова О., Жилбаев З., Паевская Ю.* Комплексный подход к разработке и внедрению дистанционных курсов для школьных учителей информатики. 14-я Международная конференция IEEE по применению информационных и коммуникационных технологий, АИСТ 2020 – Труды, 2020, 9368817

Мюленберг Л.Ю. и Берге Д.Л., 2005 — *Мюленберг Л.Ю. и Берге Д.Л.* Студенческие барьеры для онлайн-обучения: факторное аналитическое исследование, *Дистанционное образование*, том. 26, нет. 1, стр. 29–48.

Негаш С., Уитмен М.Е., Вошинский А.Б., Хогансон К. и Маттор Х., 2008 г. — *Негаш С., Уитмен М.Е., Вошинский А.Б., Хогансон К. и Маттор Х.* Справочник по дистанционному обучению для обучения в режиме реального времени и асинхронных информационных технологий. Нью-Йорк: Справочник по информатике.

Результаты мониторинга по дистанционному обучению в среднем образовании. I часть. Обучающиеся. НАО им. Ы. Алтынсарина, г. Нур-Султан, 2020.

Симонсон М., Звачек С.М., Смальдино С., 2019 — *Симонсон М., Звачек С.М., Смальдино С.* Преподавание и обучение на расстоянии: основы дистанционного образования (7-е изд.). ИАР.

Токеро С.М., 2020 — *Токеро С.М.* Экстренный эксперимент по дистанционному обучению в условиях пандемии COVID-19. ИДЖЕРИ: Международный журнал образовательных исследований и инноваций, (15), 162–176. <https://doi.org/10.46661/ijeri.5113>

Уильямсон Б., Эйнон Р., Поттер Дж., 2020 — *Уильямсон Б., Эйнон Р., Поттер Дж.* Пандемическая политика, педагогика и практика: цифровые технологии и дистанционное образование во время чрезвычайной ситуации с коронавирусом, Обучение, СМИ и технологии, 45: 2, 107–114. DOI: 10.1080/17439884.2020.1761641.

Хасани Л.М., Аднан Х.Р., Сенсус Д.И., Каутсарина и Сурионо Р.Р., 2020 — *Хасани Л.М., Аднан Х.Р., Сенсус Д.И., Каутсарина и Сурионо Р.Р.* Факторы, влияющие на воспринимаемую учащимися готовность к внезапному переходу на дистанционное обучение: перспективы индонезийского высшего образования», 3-я Международная конференция по вычислительной технике и информатике (IC2IE), 2020 г., стр. 286-292, doi: 10.1109/IC2IE50715.2020.9274640.

Хэ В., Сю Дж., 2020 — *Хэ В., Сю Дж.* Экстренные онлайн-классы во время пандемии COVID-19: тематическое исследование китайского университета. Asian J Distance Educ, 15 (2), стр. 21–36

Чо М.-К., Ким М.Ю., 2021 — *Чо М.-К., Ким М.Ю.* Факторы, влияющие на удовлетворенность обучением при очном и неочном обучении среди студентов-медсестер. Междунар. Дж. Окружающая среда. Рез. Общественное здравоохранение, 18, 8641. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168641>

Ю Дж. Э., 2020 — *Ю Дж. Э.* Структурная взаимосвязь между способностью к самостоятельному обучению, взаимодействием учащегося и инструктора, взаимодействием учащегося и учащегося и удовлетворенностью классом в среде онлайн-обучения. Дж. Христос. Образовательный Корея 2020, 63, 255–281.

ЮНЕСКО., «Влияние COVID-19 на образование», 2020 г.

## REFERENCES

Babie S., Čičin-Šain M. and Bubaš G., 2016 — *Babie S., Čičin-Šain M. and Bubaš G.* A study of factors influencing higher education teachers' intention to use E-learning in hybrid environments," 2016 39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO). Pp. 998–1003, doi: 10.1109/MIPRO.2016.7522285.

Becker K., Newton C. and Sawang S., 2013 — *Becker K., Newton C. and Sawang S.* A learner perspective on barriers to e-learning, Aust. J. Adult Learn., vol. 53. Pp. 211–233.

Чо М.-К., Ким М.Ю., 2021 — *Чо М.-К., Ким М.Ю.* Factors Affecting Learning Satisfaction in Face-to-Face and Non-Face-to-Face Flipped Learning among Nursing Students. Int. J. Environ. Res. Public Health, 18, 8641. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168641>.

Hasani L. M., Adnan H.R., Sensuse D.I., Kautsarina and Suryono R.R., 2020 — *Hasani L. M., Adnan H.R., Sensuse D.I., Kautsarina and Suryono R.R.* Factors Affecting Student's Perceived Readiness on Abrupt Distance Learning Adoption: Indonesian Higher-Education Perspectives," 2020 3rd International Conference on Computer and Informatics Engineering (IC2IE). Pp. 286–292, doi: 10.1109/IC2IE50715.2020.9274640.

He W., Xiao J., 2020 — *He W., Xiao J.* The emergency online classes during COVID-19 pandemic: a Chinese university case study. Asian J Distance Educ, 15(2). Pp. 21–36.

Kaplan A.M., Haenlein M., 2016 — *Kaplan A.M., Haenlein M.* Higher education and the digital revolution: About MOOCs, SPOCs, social media, and the Cookie Monster. Bus Horiz, 59(4). Pp. 441–450.

Manca S., Delfino M., 2021 — *Manca S., Delfino M.* Adapting educational practices in emergency remote education: Continuity and change from a student perspective. British Journal of Educational Technology, 52(4). Pp.1394–1413.

Monitoring results on distance learning in secondary education. I part. Learners. NAO them. Y. Altynsarina, Nur-Sultan, 2020.

Mukasheva M., Chorosova O., Zhilbaev Z., Paevskaya Y., 2020 — *Mukasheva M., Chorosova O., Zhilbaev Z., Paevskaya Y.* An integrated approach to the development and implementation of distance courses for school teachers of computer science. 14th IEEE International Conference on Information and Communication Technology Applications, AICT 2020 – Proceedings, 2020, 9368817.

Muilenberg L.Y. and Berge D.L., 2005 — *Muilenberg L.Y. and Berge D.L.* Student Barriers to Online Learning: A factor analytic study, *Distance Educ.*, vol. 26, no. 1. Pp. 29–48.

Negash S., Whitman M.E., Woszczyński A.B., Hoganson K. and Mattord H., 2008 — *Negash S., Whitman M.E., Woszczyński A.B., Hoganson K. and Mattord H.* Handbook of Distance Learning for Real-Time and Asynchronous Information Technology Education. New York: Information Science Reference.

Simonson M., Zvacek S.M., Smaldino S., 2019 — *Simonson M., Zvacek S.M., Smaldino S.* Teaching and Learning at a Distance: Fundamentals of Distance Education (7th ed.), IAP.

Toquero C.M., 2020 — *Toquero C.M.* Emergency remote education experiment amid COVID-19 pandemic. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, (15), 162–176. <https://doi.org/10.46661/ijeri.5113>.

UNESCO., “COVID-19 impact on education,” 2020.

Williamson B., Eynon R., Potter J., 2020 — *Williamson B., Eynon R., Potter J.* Pandemic politics, pedagogies and practices: digital technologies and distance education during the coronavirus emergency, *Learning, Media and Technology*, 45:2. 107–114. DOI: 10.1080/17439884.2020.1761641.

Yoo J.E., 2020 — *Yoo J.E.* Structural relationship among self-directed learning ability, learner-instructor interaction, learner-learner interaction, and class satisfaction in online learning environments. *J. Christ. Educ. Korea* 2020, 63, 255–281.

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

Volume 1, Number 345 (2023), 191-203  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.177>

IRSTI 28.23.37  
UDC 004.032.26

© **A.B. Toktarova**<sup>1\*</sup>, **B.S. Omarov**<sup>2</sup>, **G.N. Kazbekova**<sup>1</sup>, **S.A. Mamikov**<sup>3</sup>,  
**F.E. Temirbekova**<sup>4</sup>, 2023

<sup>1</sup>Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh – Turkish University,  
Turkistan, Kazakhstan;

<sup>2</sup>AL-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup>University of friendship of people's academician A. Kuatbekov,  
Shymkent, Kazakhstan;

<sup>4</sup>M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan.  
E-mail: [toktar.aigerim@list.ru](mailto:toktar.aigerim@list.ru)

## COLLECTING HATE SPEECH DATABASE ON SOCIAL NETWORK IN KAZAKH LANGUAGE BY USING MACHINE LEARNING

**Toktarova Aigerim** — doctoral student, department of Computer engineering, faculty of Engineering, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh – Turkish University. 161200. Turkistan, Kazakhstan.  
E-mail: [toktar.aigerim@list.ru](mailto:toktar.aigerim@list.ru), <https://orcid.org/0000-0002-6265-9236>;

**Omarov Batyrkhan** — PhD, department of Information System, faculty of Information technologies AL-Farabi Kazakh National University, 050040. Almaty, Kazakhstan,  
E-mail: [batyahan@gmail.com](mailto:batyahan@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-8341-7113>;

**Kazbekova Gulnur** — Cand. Sci (Technical), head of department of Computer engineering, faculty of Engineering, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh – Turkish University. 161200. Turkistan, Kazakhstan,  
E-mail: [kazbekova.gulnur@auy.edu.kz](mailto:kazbekova.gulnur@auy.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0002-2756-7926>;

**Mamikov Satmyrza** — senior lector, department of computer science and mathematics, faculty of Faculty of Science and Engineering, University of friendship of people's academician A. Kuatbekov. 160000. Shymkent, Kazakhstan.  
E-mail: [Satmyrza85@mail.ru](mailto:Satmyrza85@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0000-85054-2157>;

**Temirbekova Fariza** — lector, department of Information communication technologies, faculty of Information communication technologies, M. Auezov South Kazakhstan University. 160012. Shymkent, Kazakhstan.  
E-mail: [temirbekova.fariza@inbox.ru](mailto:temirbekova.fariza@inbox.ru), <https://orcid.org/0009-0007-6834-4968>.

**Abstract.** Today, it is possible to use machine learning to develop automated methods that make it simple to gather negative comments on social networks. The situation is getting worse nowadays due to the overwhelmingly unfavorable comments on online content. We are compiling a database of vulgar remarks made

on Kazakh social networks and news outlets. By examining the complaints received from numerous social networks, we discovered that the publication of disparaging, or insulting, comments in online content is growing daily. The outcomes of our research, which used machine learning techniques, will aid in not only analyzing the origins of abusive phrases posted on social media but also in categorizing different forms of offensive remarks and gaining access to automated data sources. Measurement of the accuracy of vocabulary addition by using different indicators. We are creating a dataset of Internet users in Kazakhstan, who use social networks and media to share their opinions. The description of the proposed research work describes the collection of data to the classification and identification of sets of words with destructive content.

**Keywords:** online content, artificial intelligence, obscene language, parsing, NLP

© **А.Б. Тоқтарова<sup>1\*</sup>, Б.С. Омаров<sup>2</sup>, Г.Н. Казбекова<sup>1</sup>, С.А. Мамиков<sup>3</sup>,  
Ф.Е. Темірбекова<sup>4</sup>, 2023**

<sup>1</sup>Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық Қазақ – Түрік Университеті,  
Түркістан, Қазақстан;

<sup>2</sup>Әл –Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті Алматы, Қазақстан;

<sup>3</sup>Академик Ә. Қуатбеков атындағы Халықтар достығы университеті,  
Шымкент, Қазақстан;

<sup>4</sup>М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,  
Шымкент, Қазақстан.

E-mail: toktar.aigerim@list.ru

## **ӘЛЕУМЕТТІК ЖЕЛДЕГІ ҚАЗАҚ ТІЛДІ БЕЙӘДЕП СӨЗДЕР ҚОРЫН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДА ЖИНАҚТАУ**

**Тоқтарова Айгерим Бастарбекқызы** — Докторант, кафедра Компьютерная инженерия, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық Қазақ – Түрік Университеті. 161200. Түркістан, Қазақстан.

E-mail: toktar.aigerim@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6265-9236>;

**Омаров Батырхан Султанович** — Phd, кафедра Ақпараттық жүйелер, факультет Ақпараттық технологиялар, Әл –Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті. 050040. Алматы, Қазақстан Алматы, Казахстан.

E-mail: batyahan@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8341-7113>;

**Казбекова Гулнур Нагиметовна** — т.ғ.к., доцент, “Компьютерлік инженерия” кафедрасы жетекшісі, факультет Инженерия, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық Қазақ – Түрік Университеті. 161200. Түркістан, Қазақстан.

E-mail: kazbekova.gulnur@auy.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-2756-7926>;

**Мамиков Сатмурза Абаевич** — аға оқытушы, кафедра Информатика және Математика, факультет Жаратылыстану ғылымдары және инженерия, Академик Ә.Қуатбеков атындағы Халықтар достығы университеті. 160000. Шымкент, Қазақстан.

E-mail: Satmyrza85@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-85054-2157>;

**Темірбекова Фариза Ерланқызы** — оқытушы, кафедра Ақпараттық коммуникациялық технологиялар, факультет Ақпараттық коммуникациялық технологиялар, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті. 160012. Шымкент, Қазақстан.

E-mail: temirbekova.fariza@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0007-6834-4968>.



**Аннотация.** Бүгінде әлеуметтік желілерде жағымсыз пікірлерді жинауды жеңілдететін автоматтандырылған әдістерді әзірлеу үшін машиналық оқытуды қолдануға болады. Қазіргі уақытта желідегі мазмұндағы жағымсыз пікірлердің салдарынан әлеуметтік желі қолданушылардың психо-эмоционалдық жағдайы қиындап бара жатқанын психологтар айтып дабыл қағуда. Қазақ тілді әлеуметтік желілер мен ақпарат құралдарында жазылған дәрекі сөздердің базасын жинап, оны класстар бойынша топтап жатырмыз. Көптеген әлеуметтік желілерден келіп түскен арыз-шағымдарды зерделей келе, біз желідегі контентте кемситетін немесе қорлайтын пікірлердің жариялануы күн сайын артып отырғанын анықтадық. Машиналық оқыту әдістерін пайдаланған зерттеуіміздің нәтижелері әлеуметтік желілерде жарияланған балағат сөздердің шығу тегін талдауға ғана емес, сондай-ақ қорлайтын пікірлердің әртүрлі түрлерін санаттауға және автоматтандырылған деректер көздеріне қол жеткізуге көмектеседі. Әртүрлі көрсеткіштер арқылы сөздік толықтыру дәлдігін өлшеу. Біз әлеуметтік желілермен БАҚ арқылы өз пікірлерімен бөлісетін Қазақстандағы интернет пайдаланушылардан келіп түскен пікірлерден деректер жинағын құрадамыз. Ұсынылған зерттеу жұмысының сипаттамасы деструктивті мазмұндағы сөздердің топтамасын жіктеуге, анықтауға және деректер жинауды сипаттайды.

**Түйін сөздер:** онлайн контент, жасанды интеллект, бейәдеп сөздер, парсинг, табиғи тіл

© А.Б. Токтарова<sup>1\*</sup>, Б.С. Омаров<sup>2</sup>, Г.Н. Казбекова<sup>1</sup>, С.А. Мамиков<sup>3</sup>,  
Ф.Е. Темирбекова<sup>4</sup>, 2023

<sup>1</sup>Международный Казахско–Турецкий университет им. Ходжа Ахмет Ясауи,  
Туркестан, Қазақстан;

<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Қазақстан;

<sup>3</sup>Университет дружбы народов имени академика А.Куатбекова,  
Шымкент, Қазақстан;

<sup>4</sup>Южно–Казахстанский университет имени М. Ауезова, Шымкент, Қазақстан.  
E-mail:toktar.aigerim@list.ru

## СБОР БАЗЫ ДАННЫХ О ЯЗЫКЕ НЕНАВИСТИ В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

**Токтарова Айгерім Бастарбекқызы** — Докторант, кафедра Компьютерная инженерия, факультет Инженерия, Международный Казахско–Турецкий университет им. Ходжа Ахмет Ясауи. 161200. Туркестан, Қазақстан.

E-mail: toktar.aigerim@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6265-9236>;

**Омаров Батырхан Султанович** — Phd, кафедра Информационных систем, факультет Информационных технологии, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби. 050040. Алматы, Қазақстан.

E-mail: batyahan@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8341-7113>;

**Казбекова Гулнур Нагиметовна** — К.т.н., доцент, зав кафедрой “Компьютерная инженерия”, факультет Инженерия, Международный Казахско–Турецкий университет им. Ходжа Ахмет Ясауи. 161200. Туркестан, Казахстан.

E-mail: kazbekova.gulnur@auy.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-2756-7926>;

**Мамиков Сатмурза Абаевич** — старший преподаватель, кафедра Информатика и Математика, Факультет Естественных наук и инженерии, Университет дружбы народов имени академика А. Куатбекова. 160000. Шымкент, Казахстан.

E-mail: Satmyrza85@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-85054-2157>;

**Темирбекова Фариза Ерланкызы** — преподаватель, кафедра Информационная коммуникационная технология, факультет Информационная коммуникационная технология, Южно – Казахстанский университет имени М. Ауезова. 160012. Шымкент, Казахстан.

E-mail: temirbekova.fariza@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0007-6834-4968>.

**Аннотация.** Сегодня можно использовать машинное обучение для разработки автоматизированных методов, упрощающих сбор негативных комментариев в социальных сетях. В настоящее время ситуация ухудшается из-за крайне неблагоприятных комментариев к онлайн-контенту. Мы формируем базу пошлых высказываний в казахстанских социальных сетях и новостных агентствах. Изучив жалобы, полученные из многочисленных социальных сетей, мы обнаружили, что количество публикаций пренебрежительных или оскорбительных комментариев в онлайн-контенте растет с каждым днем. Результаты нашего исследования, в котором использовались методы машинного обучения, помогут не только проанализировать происхождение оскорбительных фраз, размещенных в социальных сетях, но и классифицировать различные формы оскорбительных замечаний и получить доступ к автоматизированным источникам данных. Измерение точности пополнения словарного запаса с помощью различных показателей. Мы создаем набор пользователей Интернета в Казахстане, которые используют социальные сети и СМИ, чтобы поделиться своим мнением. Описание предлагаемой исследовательской работы описывает сбор данных для классификации и выявления наборов слов деструктивного содержания.

**Ключевые слова:** онлайн-контент, искусственный интеллект, нецензурная лексика, парсинг, NLP.

## **Introduction**

The volume of information in different text formats is growing exponentially and out of control as a result of Internet development. You can interact with a variety of online audiences and operate anonymously with unlimited Internet access, which entails 24-hour access. Violence and offensive words are still significant today because they put people’s mental and emotional well-being in danger.

Along with its positive aspects, technological advancement necessitates consideration of its drawbacks and effects, which means that it encourages more destructive behavior users. In this instance, destructive data is hurting the online content user by posting offensive comments (Huang et al., 2019).

The vast amount of information on today's networks necessitates the protection of people's interests and rights. Even on a worldwide scale, we can observe the effects of it, as evidenced, for instance, by international disagreements and conflicts involving online information (Salloum et al., 2020).

For instance, the state of Kazakhstan has 15.47 million people, or 81.9% of the total population, as of 2021, according to statistics on the percentage of countries around the world that utilize the Internet. You cannot protect yourself against «attacks» on the Internet since emails, mobile phones, and numerous personal social networking sites can arrive at any moment. Information on the Internet is accessible twenty-four hours a day, seven days a week. People, even teenagers, mentally impacted by it.

Additionally, it is possible to access the Internet anonymously, thus you might not be able to identify the source of the «attack.» According to psychologists, psychological illnesses are more likely to result from the conclusion of an emotional «assault» than physical violence.

### **Materials and methods. Research analysis and problem statement**

It is suggested that a variant of the formal model of this process' implementation inside the framework of the engineering method, in which a linguistic object (phenomenon) can be replicated using a computer (Mohan et al., 2021).

To examine what showed, felt, feeling mood in texts, we should collect database. Unfortunately, when it comes to non-normative vocabulary in a particular language, it might be challenging to discover texts that are appropriate for this purpose. Our recommendation is for you to develop your own corpus of non-normative Kazakh terminology.

The corpus divided into two schemes: open social network sites without any non-normative vocabulary messages and text entries with non-normative vocabulary. Syntax analysis technology uses to collect data.

The first parsing strategy devised by the API developer states that in order to use this technique, a connection must first be made, which entails obtaining a token and gaining access to the connection. The token c directly obtained in the program's developer part, and used to access the database, may provide any kind of data conversion services. Following the requisite database's «cleaning,» the information saved and made available for machine learning (Mussiraliyeva et al., 2021).

On the second point, the connection made differently here; you can build a database and your own user interface to access web pages. In other words, we gather «emotional» data from social networks and internet content sites. Although this procedure is laborious at first, once you finished gathering data, you might realize that the logic of operation unified (Singh et al., 2020) and (Canhoto et al., 2020).



Figure 1- Data collection

Eight classes of verbal markers identified that clearly indicate the presence of electronic bullying:

The taboo and obscene language (one-component, two-component, three-component and multi-component) - is used as a means of pronounced verbal aggression with the aim of socially discrediting the victim, manipulating, emphasizing one's own superiority.

The word that related to the intimate life of a person — often used by hooligans in order to hurt the feelings of the victim, humiliate and insult her. In many languages, the names of genitals and types of sexual acts are taboo vocabulary and often used to express a high degree of aggression in the addressee.

The words related to concepts related to sexual orientation and sexism — often, in order to achieve the above goals, victims are attributed and / or emphasize their non-traditional sexual orientation, for example, gay, lesbian, pedophile / sexist, trans, etc., and the addressee is not necessarily a representative of a sexual minority;

The words expressing a wish for evil and death - the use of such lexical units is due to the strong personal dislike of the buller and even hatred of the victim. The use of lexical items such as committing suicide, dying in hell, cutting one's wrists, stopping breathing, etc. shows that the buller wants to emphasize his superiority over the victim, to prove his greatness;

The words expressing humiliation and insult to a person — most often used when electronic harassment occurs according to the «several bullies - one victim» scheme. Lexical items brash, dumb, dirty, ignorant, stupid, etc. aimed at undermining the self-esteem and self-respect of the victim through their constant criticism and downplaying of their abilities. Thus, Buller seeks to demonstrate his power over him or her;

The words that name concepts related to nationality and racism, such as black-faced, hack, Uzbek, racist, sociopath, etc. — allow the aggressor to cause the victim not only moral, but also social harm;

Animal names are insulting terms that are used. By equating the attributes of the victim with those of animals, such as cows, donkeys, pigs, mongrel sheep, and

worms, bullies are able to diminish the victim’s place in society and boost their own self-esteem.

The word which call people with physical and mental disabilities - the main purpose of using this vocabulary is to humiliate honor, reduce its social attractiveness, destroy it as a person. Buller often uses expressions to indicate the victim’s limited mental capacity when the victim is smarter than him or her, and Buller wants to prove otherwise (Yuan et al., 2021).

In terms of AI, automation, communication platforms, bots, and smart computers can combine with big data to improve a variety of technologies used in homes and offices, from security data analytics to investment analysis tools.

Artificial intelligence performs in-depth analysis of large amounts of data using neural networks with many hidden layers. Deep learning models require large amounts of data, as this is the basis of artificial intelligence. Therefore, the more data, the more accurate the model (Mühlhoff et al., 2020).

In the process of collecting data from social networks with Kazakh-speaking customers on online content, it was decided to create 2 types of parsing: API-based parsing and creating your own «web browser» using keywords. Each type has its advantages and disadvantages.

An application programming interface (API) is a collection of classes, procedures, and functions in the form of an interface for creating new software applications through which one program can interact with another program. This allows developers to extend the functionality of their products and connect them with software.

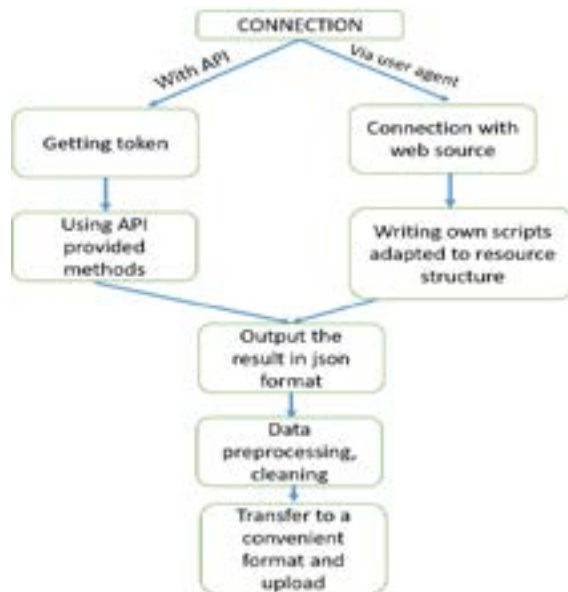


Figure 2 - Data Collection Method Using Two Different Parsers

A parser that utilizes the API readily accessible by the developers themselves makes up the first branch of the schema. You must first establish a connection in order to begin using these methods. In this instance, a token obtained to accomplish this. In the section for app developers, you can directly obtain the token, which you can then use to gain access to the services. The service offers the option to convert the data in any format for ease of usage after obtaining the data. The required data then cleansed and put through the primary processing stage. Following that, this information kept and can be used to train and test models (Neupane et al., 2020).

The connection built slightly differently in the second branch because the parser created entirely from scratch. You must gain access to the browser in order to perform this imitation of web page browsing behavior. Since browsers not give third-party programs and websites access to their APIs, the de-tailed description that follows explains how this parser fragment made. Although this procedure is quite laborious, once we have finished and extracted the required data, we can once more begin primary processing, at which point the logic of work crosses with the logic of using the API.

The initial parser do not cause any issues because it adheres to particular algorithms, and because of an established system, the API operates flawlessly and consistently provides accurate information. An E-token supplied to each user when connecting to the API utilized, for instance, while using the Vk API for Vkontatkte.

Then the Instagram parser underwent the similar treatment. To do this, lists of communities (accounts) with a sizable subscriber base compiled; personal and entertainment accounts disregarded because they were unnecessary. Then, Instagram-specific methods substituted using the same reasoning as for the Vk API. Vkontakte and Instagram are both social networks, however their working theories are very different from one another. Actually, one thing hasn't changed: we still need to obtain a token before we can begin using the given methods.

The app needs to be whitelisted in order to use a specially configured Instagram URL scheme. For this, modify the Info. plist file of the app by adding `instagram:/` to the `LSApplicationQueriesSchemes` key.

After adding the schema to your whitelist, you can use it with the following parameters to carry out specific activities within the Instagram app.

However this is only the first step; since we can not upload the data we need right away, we must first clear the data we received and then choose the pertinent data that contains the text we need from it (in our case, keywords for cyberbullying). After that, you may save this processed data and use it with our models' training and testing procedures (Kumar et al., 2020).

The Instagram API exactly the same across all of them, even though the methods may alter slightly in appearance.

*Getting a token -> getting access to services ->Using methods and getting relevant data -> Clearing them of unnecessary data.*

The drawback of such a parser is that you have to create your own filter to extract the required data after the data received and even after preprocessing.

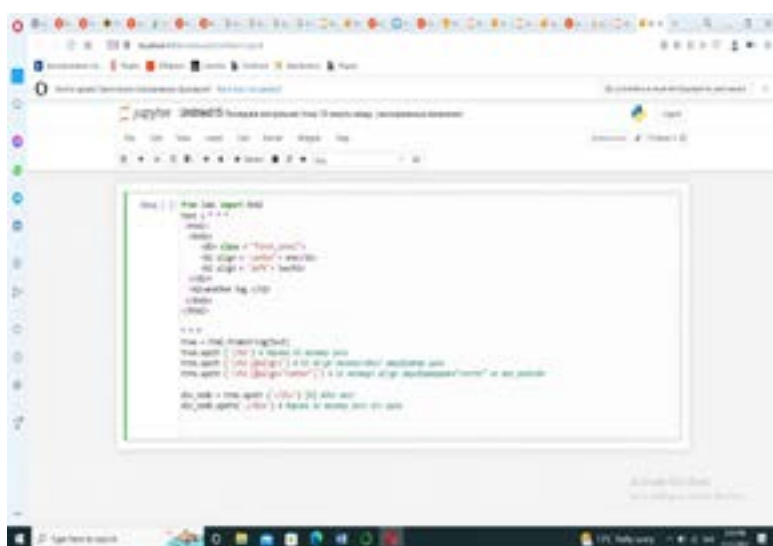
This architecture has the benefit of requiring less time and money to construct a system of this kind uploading data does not require us to develop our own functions.

The second kind of parser entirely created by a person. To put it another way, the scripts were customized for the architecture of a given web resource (Sarker et al., 2020).

The servers will kick us out if they «understand» that this is code, rather than a person, in this situation, when the token's function is to mimic human behavior. The user-agent used to establish the initial connection with the browser. User agent is a character string that enables servers and network nodes to recognize the requesting user agent's application, operating system, vendor, and version gives us the option to connect to the server, eradicating the potential.

```
Listing 1:  
  
import requests  
user_id = 12345  
url = 'http://www.kinopoisk.ru/user/%d/votes/list/ord/date/page/2/#list' %  
(user_id) #  
headers = { 'User-Agent': 'Mozilla/5.0 (Macintosh; Intel Mac OS X 10.9;  
rv:45.0) Gecko/20100101 Firefox/45.0' }  
r = requests.get(url, headers = headers)
```

A script that extracts all of the headers from this page provided by the code block above. The data we require is stored in the html structure, so we will need to put in a little effort next. As a result, once we have identified the blocks in which our records are stored, we can cycle through each article or record and choose a particular block, then extract the relevant data from there. For instance:



The information we require in this block is found in blocks with «h2,» which is found inside the «first level» block.

Once we get the required information, we may instantly filter it to remove any records that are not pertinent to our inquiry. The data then simply written into our files or given to the training algorithms.

```
Listing 2:  
  
f = open("demofile2.txt", "a") # opening the file for editing  
f.write("---") # writing data  
f.close() # close the file
```

After we have the necessary data, we may immediately filter it to get rid of any records that are not relevant to our inquiry. The information was then either submitted to the training algorithms or just written into our files.

### Result and discussion

Data Preprocessing and Filtering which we obtained a dataset of social media texts using the built parsers scarping comments from youtube which chowed on Fig.3 . We therefore have unstructured data that is irrelevant. We now faced with the issue. Using uncleaned data prevents you from using it properly. We want pertinent data, together with a sufficient number of training and testing sets. All of this aids in obtaining the most precise findings.

Depending on the objective, you can use one or a combination of several data cleaning or data preparation approaches. It depends on your preferences and the task’s requirements.

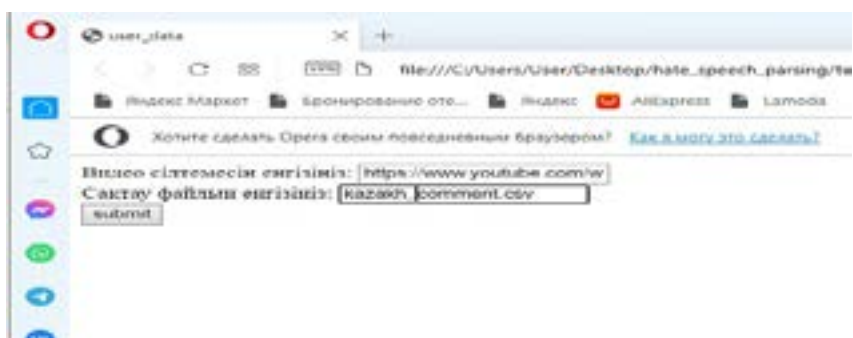


Figure 3- Youtube scarper comments (interface)

### Avoiding duplicates

The probability of parsing the same text high because we are using multiple sources of data. For instance, we have posts from the news website https://



tengrinews.kz, Instagram, and VK. So, occasionally we must delete. In this instance, we made VK a privileged source because all of the data on <https://tengrinews.kz/> semantically reviewed before posting and may change for a variety of reasons.

Although we have not encountered those circumstances yet, we must keep an eye out for their emergence and set up functionality to remove copies.

**Avoid typos**

Typos are grammatical errors made by people most frequently, and they can happen everywhere. Grammar errors corrected using a variety of calculations and techniques. Since models address distinct features in unexpected ways, mistakes are simple to remedy. Spelling and case are very important for strings.

For example, although having the same spelling, «қзақ» and «қзақ» are distinct words. This kind of mistakes will need to check for and properly fixed.

**Data Filtering**

Not all of the information we gathered used, because we analyze all the news posts' data. This indicates that the parser we created covers all the information, even news about the coronavirus, which has no bearing on our issue. Therefore, it is not a problem. We just created a code that determines whether certain terms, such as «piggy,» «I hate you,» «fatty,» «nigga,» and others, are present in each cell. Additionally, we created a bag of hateful words in Kazakh, which we simply added to the filtering mechanism. Following that, we have a suitable data collection of our own for identifying and preventing possible bullying (Jain et al., 2020).

	A	B	C	E
B704	Малдарды ату жазасына беру керек!дадан емес бунлар МАЛДАР БУЛАР		1	
B705	Тауында алып алтуну ерес.		1	
B706	Жалмауыздардын мойны дуарына релушак тастарын байлап койбу керек устың кунің астына шығарып байлап тастап қоралп өлтіру керек мурна ниборис.		1	
B707	Талаңдай сәләфет әмелсәсіпкер мадақтаран болға-шұмышшылауды қорлағануылардаға нәләкәт бермей құялестерін нәләкәт алып домогайтептең бір ныз ақсамады ала алақай шылап өлтім дид төн күәнгі әрән сұрап алдым дид.налогаталарды нұмысқа алып домогайтептең,добарма падофил!!!		1	
B708	ешқатарды малаң әнәліндері менде тышартап өлтірейім азаттап өлтірәніе		1	
B709	Бұрынғы барыпташы, банды жанды қаңгәзәлер қазіргі хренерал, жағуғат, қанж, қренестрлер... Сірлерінің пайда болғандары "ақуаларын" әрі қарай жалғастыруда "Жаңа Қазақстанда"... Қлы қалық ұста балтасын нәләкәт дәмнені "жәсірні" Қазақстаным осы		1	
B710	Тәі қлақбастың алып айырып әкір бойы бас бостандырының айырып жіберу керек!д.сақа әсірә		1	
B711	ИСЛАМГА кір кеттіріп сұқалар		1	
B712	Бұл атыңдар санасын өкпе, қанша айтсада құлақтарыңа ермейді.		1	
B713	Болнисағада сенің болмағды шетінен қан ішер аша ұлың		1	
B714	Фуу қалпа тірне наравмай мастаныя аттарын білемеймін деп мастаныя қолды қой найс. Дүлап сен		1	
B715	не қысым		1	
B716	Ужас осы айла бесіт салындаған қалай нақар журналист көк бет		1	
B717	Баланы тастап кеткен адам ешқашан оңбайды,оңбайтыа. жүретпай ай. Екінші рет күйеуге шығатын кезде ойлансаға аяқлар.		1	
B718	Мына Гузель деген мадам үйінді тана деп ұалмай қалай әркен беріде, мақара. Байға тіле		1	
B719	бермей, бір балағды асарат, жүмексің ұнқайсың ба, нарлес ая.		1	
	Уағалас Сәпарымбетовна			
	3 месіңә непад			
B720	Мына күдіргі қараң өнерің тұрағын айтып тұр Мына Еркен қауым өнерің молмағандар		1	
B721	Фууу.....ты жүрек не пәдері, менісірен адамдар өнерің, «Собоймазақ Қо Яғ ны ті		1	
B722	Қалы сорны өнер өнер айтып деген		1	
B800	Алла сақтасын мынадай аяқдан ұят өнер өсі ай фууу мағанәдіт ай өрмен көтсің		1	

Figure 4- hate speech comments in Kazakh language

We have created a database that consists of Kazakh obscene speeches Fig. 4. The database consists of three columns, one of them is the number of sentences which have hate speech comments and attributes that are divided into classes if «1» means there is obscene speech in the sentence if «0» is neutral words.

### **Conclusion**

Summarizing the above, finding negative reviews show as the job of information technology. Two solutions describes in solving the given problem: a person does it with his own hands or turns to an automated system. Machine learning considered as a system that is constantly growing and gaining new momentum in science. Intimidation - the types of intimidation and the signs of their detection presented in this research paper. In addition, it shows that an automated system needed in the search of destructive databases. We present a set of methods used for this purpose. You can see the search paths and their differences from each other.

We have noticed that the collected database used to identify online content using natural language processing and machine learning methods, and to determine the type of a string of offensive words. In addition, it observed that it is possible to create a model for identifying offensive words in online content, and it discussed that it takes as the main issue of our future scientific research.

### **REFERENCES**

Canhoto A.I., & Clear F. (2020). — *Canhoto A.I., & Clear F.* Artificial intelligence and machine learning as business tools: A framework for diagnosing value destruction potential. *Business Horizons*, 63(2), 183-193

<https://vk.com/dev/methods> - VK API methods

Instagram.com - Instagram Social Network

Jain A. & Mandowara J. (2016). — *Jain A. & Mandowara J.* Text classification by combining text classifiers to improve the efficiency of classification. *International Journal of Computer Application* (2250-1797), 6(2), 2250-1797.

Kumar A., Singh J.P., Dwivedi Y.K. & Rana N.P. (2020). — *Kumar A., Singh J.P., Dwivedi Y.K. & Rana N.P.* A deep multi-modal neural network for informative Twitter content classification during emergencies. *Annals of Operations Research*, 1-32.

Mohan A., Singh A.K., Kumar B. & Dwivedi R. (2021). — *Mohan A., Singh A.K., Kumar B. & Dwivedi R.* Review on remote sensing methods for landslide detection using machine and deep learning. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 32(7), e3998.

Mühlhoff R. (2020). — *Mühlhoff R.* Human-aided artificial intelligence: Or, how to run large computations in human brains? Toward a media sociology of machine learning. *new media & society*, 22(10), 1868-1884.

Mussiraliyeva S., Omarov B., Yoo P. & Bolatbek M. (2021). — *Mussiraliyeva S., Omarov B., Yoo P. & Bolatbek M.* Applying machine learning techniques for religious extremism detection on online user contents. *Computers, Materials and Continua*, 70(1), 915-934.

Neupane D. & Seok J. (2020). — *Neupane D. & Seok J.* Bearing fault detection and diagnosis using case western reserve university dataset with deep learning approaches: A review. *IEEE Access*, 8, 93155-93178.

Salloum S.A., Alshurideh M., Elnagar A. & Shaalan K. (2020, April). — *Salloum S.A., Alshurideh M., Elnagar A. & Shaalan K.* Machine learning and deep learning techniques for cybersecurity: a review. In *The International Conference on Artificial Intelligence and Computer Vision* (pp. 50-57). Springer, Cham.

Sarker I.H., Kayes A.S.M., Badsha S., Alqahtani H., Watters P. & Ng A. (2020). — *Sarker I.H.,*

Kayes A.S.M., Badsha S., Alqahtani H., Watters P. & Ng A. Cybersecurity data science: an overview from machine learning perspective. *Journal of Big data*, 7(1), 1-29.

Singh J.P., Kumar A., Rana N.P. & Dwivedi Y.K. (2020). — Singh J.P., Kumar A., Rana N.P. & Dwivedi Y.K. Attention-based LSTM network for rumor veracity estimation of tweets. *Information Systems Frontiers*, 1-16.

VK.com - Vkontakte Social Network

Yu M., Huang Q., Qin H., Scheele C. & Yang C. (2019). — Yu M., Huang Q., Qin H., Scheele C. & Yang C. Deep learning for real-time social media text classification for situation awareness—using Hurricanes Sandy, Harvey, and Irma as case studies. *International Journal of Digital Earth*, 12(11), 1230-1247.

Yuan S. & Wu X. (2021). — Yuan S. & Wu X. Deep learning for insider threat detection: Review, challenges and opportunities. *Computers & Security*, 104, 102221.

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<sup>✉</sup>, Г.Б. Абдикеримова<sup>\*</sup><sup>✉</sup>, Ж.Б. Ламашева<sup>✉</sup>,  
М.Г. Байбулова<sup>✉</sup>, А.К. Токкулиева<sup>✉</sup>, 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).

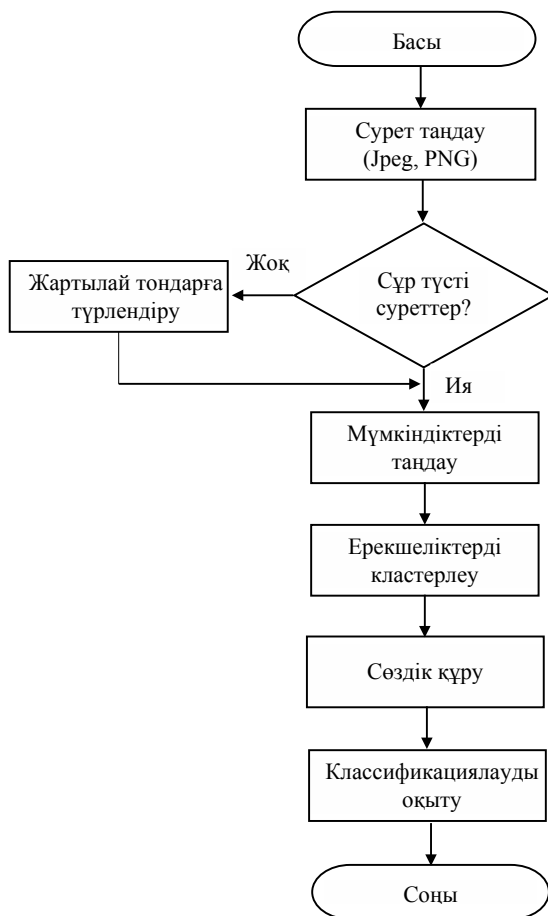
Екінші кезең мүмкіндіктерді таңдаумен байланысты, оның көмегімен өңделген кескін болып табылатын функция нақты сандармен кодталған ең маңызды белгілердің едәуір бөлігін бөліп көрсететін функционалдық түрлендіруге ұшырайды. Мүмкіндіктерді таңдау кескінің көптеген математикалық түрлендірулерінен тұрады.

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.

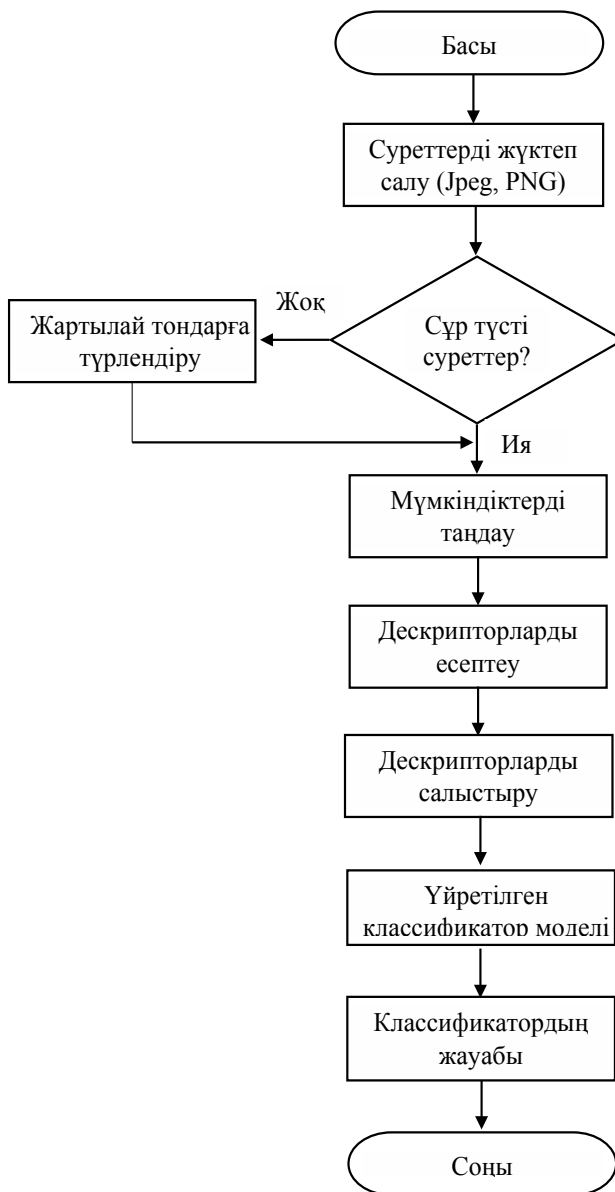
Сондықтан қазіргі уақытта дифференциалды диагностикада толық автоматты жіктеу мүмкін емес. Айта кету керек, суретті бағалаудың бастапқы кезеңін алмастыра отырып, тек норма/патология принципі бойынша алдын ала іріктеу жүргізілуі мүмкін. Осыған қарамастан, бұл қадам жаппай диспансерлік тексерулер кезінде 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*

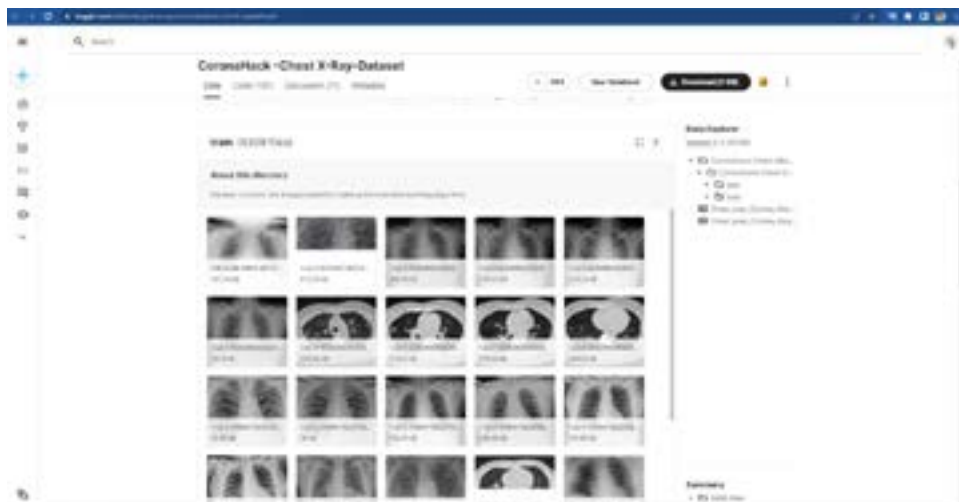
Компьютерлік көру – компьютерлер мен жүйелерге сандық кескіндерден, кескіндерден және басқа көрнекі кірістерден мағыналы ақпаратты алуға және сол ақпарат негізінде әрекеттер жасауға немесе ұсыныстар жасауға мүмкіндік беретін жасанды интеллект саласы.

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).

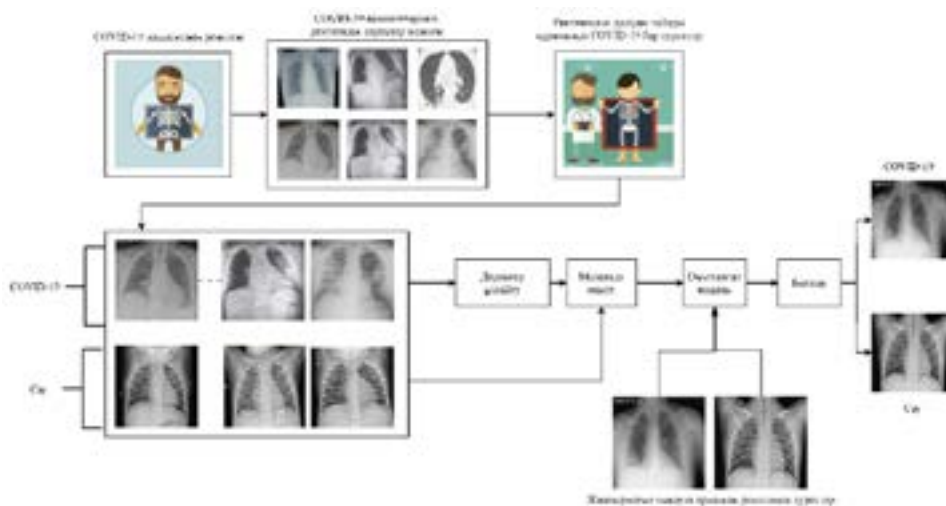
Дені сау және Ковид-19 жұқтырған науқастардың кеуде қуысының рентгендік суреттерінің жинағы, жұқтырған науқастардың аты-жөні және 3-ші сурет ерекшеліктері суретте келтірілген. Өкпе қуысының рентгендік бейнелері Kaggle.com әлемдік дерекқордан алынған. Таңбалар мен кескін таңбалары csv файлында сақталған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

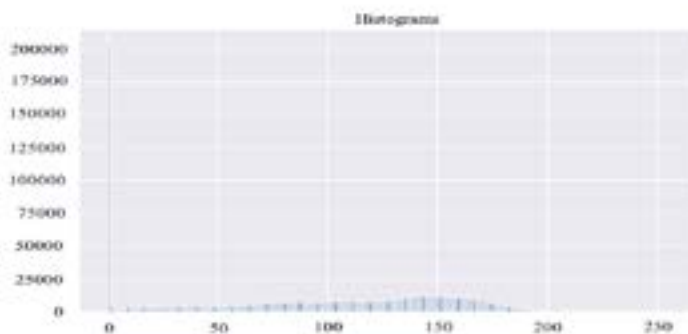
функциясы және әр қабаттан кейін ReLU белсендіру функциясы бар 53 конволюция қабатын пайдаланады (Вэй және т.б., 2015).

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.



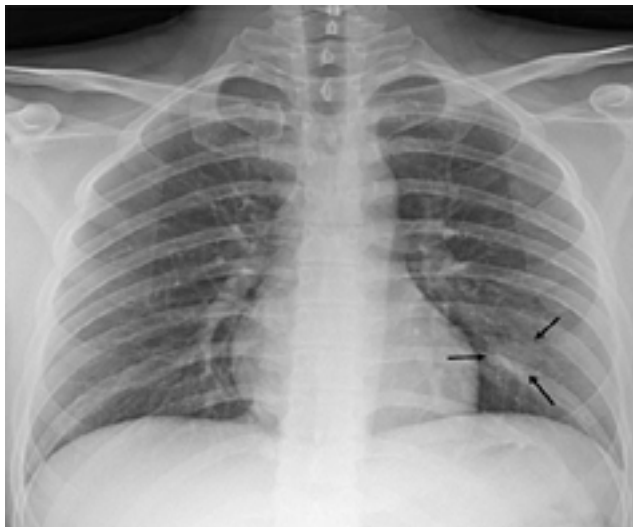
5-сурет. Кеуде қуысының анық бейнесі

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

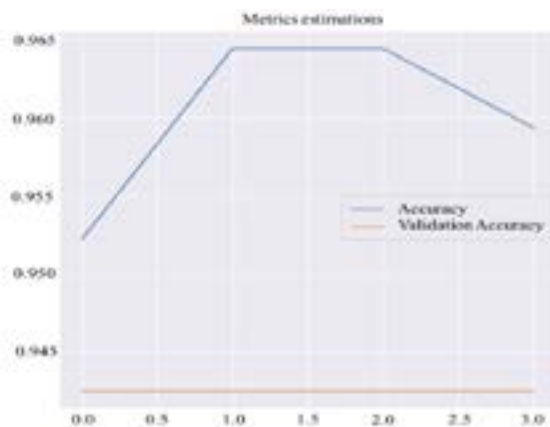
$$NPV = \frac{TN}{TN + FN} \quad (5)$$

(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.

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

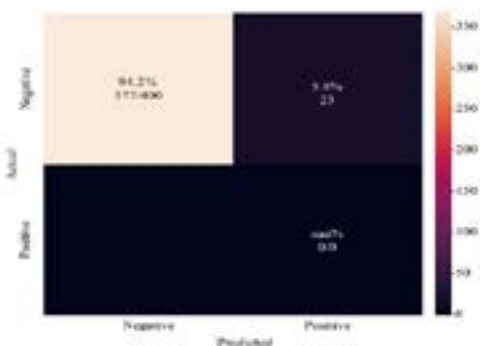
Соңында статистикалық маңыздылық сынағы қорытындылардың негізділігі мен сенімділігін бағалау үшін Wilcoxon символдық дәреже сынағы (екі жақты) арқылы орындалады. Бұл сынақта статистикалық маңыздылықты бағалау үшін p мәні анықталады.

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



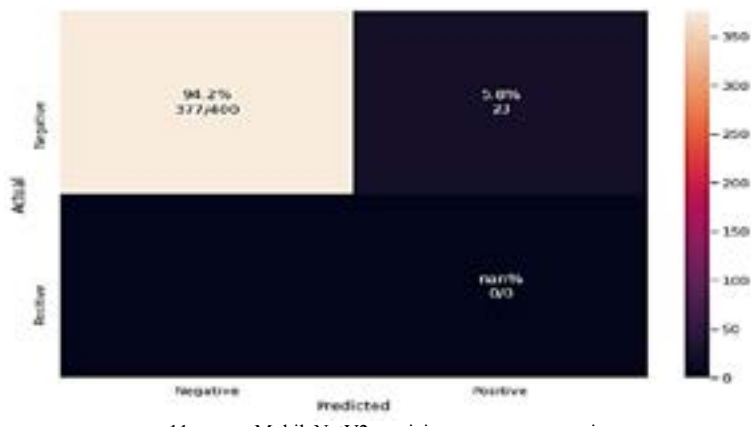
9-сурет. Конволюционды нейрондық желіні оқыту процесінде графигті жазу

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.



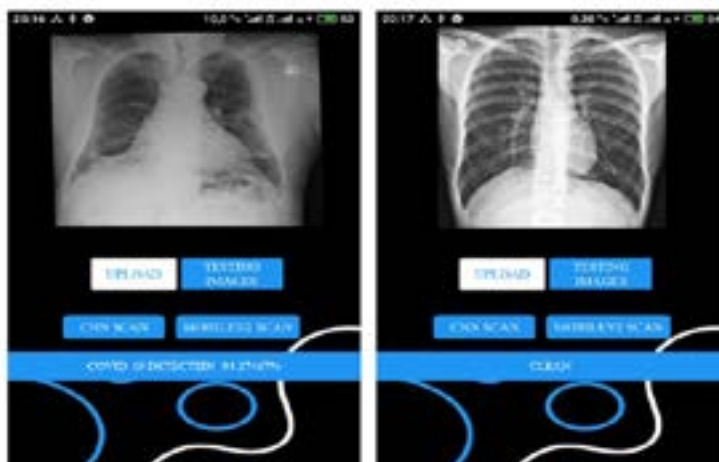
10-сурет. Модельді сынау нәтижелерінің салыстырмалы графигі

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>.

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

Volume 1, Number 345 (2023), 228-238  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.179>

UDK 50.53.15

© **E.E.Eldarova** , 2023

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

E-mail: Doctorphd\_eldarova@mail.ru

### **IMPROVING THE VISUAL QUALITY OF DIGITAL IMAGES AFTER JPEG2000 COMPRESSION**

**Eldarova E.E.** — PhD doctoral student. L.N. Gumilyov Eurasian National University. Department of Information technology. 010000. Astana, Kazakhstan  
E-mail: Doctorphd\_eldarova@mail.ru. ORCID: 0009-0009-4425-1112;

**Abstract.** Among various image formats, the most commonly used image compression format is JPEG2000[201]. In the process, JPEG2000 compression can create quite noticeable blur and ringing artifacts. In practice, in some applications it is required to decode the bit stream to a level that provides the desired quality. Thus, an algorithm is proposed for improving the visual quality of digital images after JPEG2000 compression. The purpose of this work is to evaluate the results of the proposed algorithm, which is able to improve the quality of the image encoded using the JPEG2000 encoder. In this experiment, three public binary implementations of JasPer, OpenJPEG, and SPIHT were selected for decompression of JPEG2000, each containing its own encoder and decoder. The performance of the method under study is evaluated using experimental results that compare the objective indicators of the reconstructed digital images. For objective measurement, PSNR-peak signal-to-noise ratio is used. PSNR is the ratio between the maximum possible signal power and the power of the changing noise that affects its image fidelity. It is mainly used to measure the accuracy of recovering codes after image compression. Generally, a higher PSNR indicates that the reconstruction is of higher quality.

The developed algorithm for improving the quality of images is integrated into the AutoImage program. An analysis of the application of the proposed algorithm in the problem of improving the quality of compressed images showed the best PSNR results for the entire TID2013 database. The results of the PSNR evaluation are not inferior to the specialized programs JasPer and OpenJPEG and showed a clear improvement in visual quality.

**Keywords:** image compression, JPEG2000, image quality, PSNR, JasPer, OpenJPEG, SPIHT

© Э.Э.Эльдарова, 2023

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

E-mail: Doctorphd\_eldarova@mail.ru.

## JPEG2000 ҚЫСУЫНАН КЕЙІН ЦИФРЛІК БЕЙНЕЛЕРДІҢ ВИЗУАЛДЫ САПАСЫН ЖАҚСARTУ

Эльдарова Э.Э. — PhD докторант. Ақпараттық технологиялар факультеті. Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ. 010000. Астана, Қазақстан.

E-mail: Doctorphd\_eldarova@mail.ru. ORCID: 0009-0009-4425-1112;

**Аннотация.** Цифрлық бейнелер пішімдерінің ішінде ең жиі қолданылатын қысу пішімі JPEG2000[201]. JPEG2000 қысу барысында айтарлықтай бұлыңғырлық пен тұмандық артефактілері пайда болады. Тәжірибеде, кейбір қолданбаларда биттік ағынды қажетті сапа деңгейіне дейін декодтау талап етіледі. Осы орайда, JPEG2000 қысуынан кейін сандық бейнелердің визуалды сапасын жақсарту үшін алгоритм ұсынылады. Бұл жұмыстың мақсаты JPEG2000 көмегімен кодталған цифрлық бейненің сапасын жақсартуға ұсынылған алгоритмнің нәтижелерін бағалау болып табылады. Бұл экспериментте JPEG2000 қысуынан кейін цифрлық бейнені қайта қалпына келтіруге арналған JasPer, OpenJPEG және SPIHT бағдарламалары тандалды. Олардың программа кодтары қолжетімді және әрқайсысында өзінің кодтары мен декодері бар. Зерттелетін әдістің өнімділігі реконструкцияланған цифрлық бейнелердің объективті көрсеткіштерін салыстыратын эксперименттік нәтижелер арқылы бағаланады. Объективті бағалау үшін PSNR- сигнал/шудың ең жоғары қатынасы қолданылады. PSNR – максималды мүмкін болатын сигнал қуаты мен оның цифрлық бейне дәлдігіне әсер ететін өзгермелі шу күші арасындағы қатынас. Ол негізінен цифрлық бейнені қысудан кейін кодтарды қалпына келтірудің дәлдігін өлшеу үшін қолданылады. Әдетте, жоғары мәнге ие болған PSNR қайта қалпына келтірудің нәтижесі жоғары сапалы екенін көрсетеді. Цифрлық бейнелердің сапасын жақсартуға негізделген алгоритм AutoImage бағдарламасына біріктірілген. AutoImage бағдарламасы көмегімен JPEG2000 қысуынан кейін цифрлық бейнелердің сапасын жақсарту кезінде жақсы нәтижелер алынды. TID2013 бейнелер қорындағы цифрлық бейнелер үшін ең жақсы PSNR нәтижелерін көрсетті. PSNR бағалау нәтижелері мамандандырылған JasPer және OpenJPEG бағдарламаларынан кем түспеді және визуалды сапаның жақсарғанын айқын көрсетті.

**Түйін сөздер:** бейнені қысу, JPEG2000, бейне сапасы, PSNR, JasPer, OpenJPEG, SPIHT

© Э.Э.Эльдарова, 2023

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

E-mail: Doctorphd\_eldarova@mail.ru.

## УЛУЧШЕНИЕ ВИЗУАЛЬНОГО КАЧЕСТВА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОСЛЕ СЖАТИЕ JPEG2000

Эльдарова Э.Э. — PhD докторант, факультет Информационных технологий. ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. 010000. Астана. Казахстан.

E-mail: Doctorphd\_eldarova@mail.ru. ORCID: 0009-0009-4425-1112;

**Аннотация.** Среди различных форматов изображений наиболее часто используемым форматом сжатия изображений является JPEG2000[201]. В процессе сжатие JPEG2000 может создавать довольно заметные артефакты размытия и звона. На практике, в некоторых приложениях требуется декодировать битовый поток до уровня, обеспечивающего желаемое качество. Таким образом, предложен алгоритм для улучшение визуального качества цифровых изображений после сжатия JPEG2000. Цель данной работы состоит в том, чтобы оценить результаты предложенного алгоритма, который способен улучшить качества изображения закодированного с использованием кодера JPEG2000. На данном эксперименте для восстановления после сжатия JPEG2000 были выбраны три реализации с общедоступным двоичным файлом JasPer, OpenJPEG и SPIHT, каждая из которых содержит собственный кодировщик и декодер. Оценивается производительность исследуемого метода с помощью экспериментальных результатов, которые сравнивает объективные показатели восстановленного цифровых изображений. Для объективного измерение используется PSNR-пиковое отношение сигнал/шум. PSNR— это отношение между максимально возможной мощностью сигнала и мощностью изменяющегося шума, влияющего на точность его изображения. Он в основном используется для измерения точности восстановления кодов после сжатия изображений. Как правило, более высокий PSNR показывает, что реконструкция имеет более высокое качество. Разработанный алгоритм для улучшения качества изображений интегрированы в программу AutoImage. Анализ применения предложенного алгоритма в задаче улучшения качества сжатых изображений показал лучшие результаты PSNR по всей базе TID2013. Результаты оценки PSNR не уступает специализированным программам JasPer и OpenJPEG и показали явное улучшение визуального качества.

**Ключевые слова:** сжатие изображений, JPEG2000, качество изображения, PSNR, JasPer, OpenJPEG, SPIHT

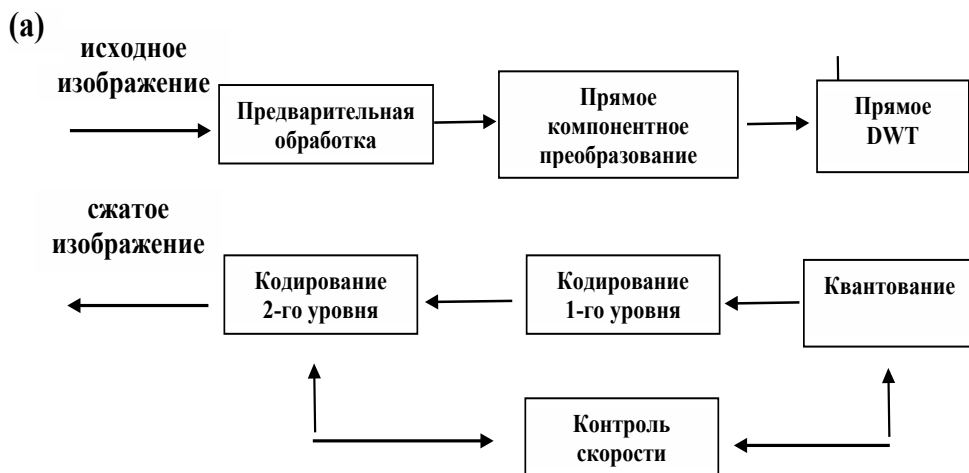
### **Введение**

Из-за распространения более быстрых компьютеров и специализированных

процессоров цифровая обработка изображений стала широко использоваться для таких приложений, как классификация, извлечение признаков, многомасштабный анализ сигналов и распознавание образов (Rahman M. et al. 2021). Кроме того, многие приложения требуют передачи изображений по сетям связи, что включает в себя захват, хранение, сжатие, предварительную и последующую обработку. Качество изображения изменяется из-за этих процессов, для чего требуется оценка качества изображения (IQA). Методы IQA могут быть как субъективными, так и объективными. Субъективные методы основаны на среднем балле мнения человека (MOS) и являются наиболее точными, но очень сложными и трудоемкими. Поэтому рекомендуется объективные методы, коррелирующие с MOS оценками.

Среди различных форматов изображений наиболее часто используемым форматом сжатия изображений является JPEG2000 (Skodras A et al.2001). На практике, в некоторых приложениях требуется декодировать битовый поток до уровня, обеспечивающего желаемое качество. Таким образом, предложен алгоритм для улучшения визуального качества цифровых изображений после сжатия JPEG2000. Цель данной работы состоит в том, чтобы оценить результаты предложенного алгоритма, который способен улучшить качества изображения закодированного с использованием кодера JPEG2000.

JPEG2000 представляет собой стандарт сжатия изображений на основе DWT- дискретного вейвлет-преобразования, созданный комитетом Объединенной группы экспертов по фотографии с намерением заменить стандарт JPEG на основе DCT- дискретного косинусного преобразования. JPEG2000 имеет хорошую производительность сжатия по сравнению со стандартом JPEG. Преимущества сжатия по сравнению с JPEG объясняются использованием DWT и более сложной схемы энтропийного кодирования. Блок-схема JPEG2000 показана на рис.1 (Ma L. et al. 2012; Lee Y. P. et al., 2012



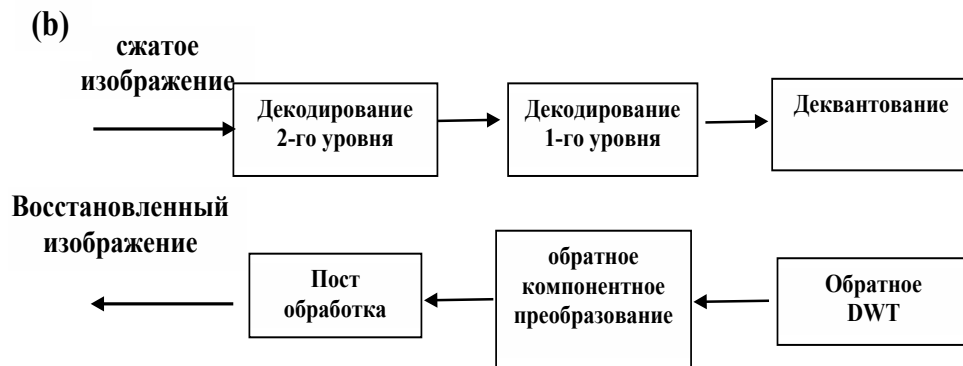


Рис.1 Блок-схема JPEG2000 (а) процедура кодирования и (б) процедура декодирования.

На рис.1 показана блок-схема алгоритма JPEG2000. В процедуре кодирования (рис.1(а)) исходное изображение сначала предварительно обрабатывается путем преобразования прямого компонента, а затем выполнения прямого цифрового вейвлет-преобразования. Результирующие коэффициенты цифрового вейвлет-преобразования затем квантуются. Последующее кодирование можно рассматривать как двухуровневый процесс, как показано на рис.1а, детали которого поясняются ниже. Управление скоростью регулирует процесс кодирования на этапах квантования и кодирования с целью достижения целевого битрейта. При кодировании уровня 1 кодовые блоки кодируются независимо с помощью кодирования битовой плоскости с тремя проходами кодирования. Кодирование уровня 2 служит для пакетирования сводной информации кодовых блоков. Битовый поток каждого кодового блока усекается оптимальным образом, чтобы свести к минимуму искажения и ограничить битрейт. Поскольку каждый блок кодируется полностью независимо, усечение оценивает только размер закодированных данных и значения искажения в конце прохода кодирования. После сжатия всех выборок поддиапазонов при кодировании уровня 1 применяется алгоритм искажения скорости кодирования уровня 2.

В процедуре декодирования битовый поток реверсируется путем декодирования и деквантования, за которым следует обратное преобразование для восстановления изображения. Основные вычислительные блоки в декодере JPEG 2000 показаны на (рис.1(б)). Функционал каждого модуля, следующий:

Анализатор заголовка изображения: анализирует информацию заголовка для извлечения параметров, используемых во время кодирования.

Декодер уровня 2: декодирует информацию заголовка, связанную со всеми кодовыми блоками на определенном уровне разрешения.

Декодер уровня 1: получает энтропийно-кодированные данные для кодовых блоков. Он реконструирует кодовые блоки каждого поддиапазона



на основе сжатых данных и информации заголовка, которую он получает от декодера уровня 2.

**Деквантизатор:** обращает процесс квантования, выполняемый во время кодирования. Эта операция может быть без потерь или с потерями в зависимости от размера шага квантования.

**Обратное вейвлет-преобразование:** воссоздает изображение пространственной области с учетом представлений поддиапазона вейвлета.

**Обратное преобразование компонентов:** выполняет любые необходимые преобразования, например, преобразование цветового пространства RGB.

Хотя JPEG 2000 обеспечивает более высокое качество по сравнению с JPEG, так как устраняет некоторые артефакты сжатия, возникающие в JPEG при более высоких коэффициентах сжатия, такие как артефакты блокировки. Тем не менее, JPEG 2000 может создавать довольно заметные артефакты размытия и звона. Многие исследователи рассматривали сжатие изображений как процесс искажения и предлагали разные алгоритмы восстановления исходных изображений [Zhang T. et al.2018; Eldarova E. et al.2021).

#### **Материалы и основные методы**

Существует несколько библиотек декодеров (кодеков) JPEG2000, такие как Kakadu, OpenJPEG2, JasPer3, JJ20004, FFMPEG5 и другие коммерческие кодеки: Aware, LuraTech, LeadTools и J2K Codec.

На данном эксперименте для восстановления после сжатия JPEG2000 были выбраны три реализации с общедоступным двоичным файлом JasPer, OpenJPEG и SPIHT, каждая из которых содержит собственный кодировщик и декодер. SPIHT (Set Partitioning in Hierarchical Trees) (Lee Y. P. et al. 2012) — это метод сжатия изображений на основе вейвлетов. Программное обеспечение SPIHT написано на языке программирования C++. Его исходный код не является общедоступным, но скомпилированные двоичные файлы находятся на <http://www.cipr.rpi.edu/research/SPIHT/>. JasPer представляет собой реализацию кодека JPEG-2000. Программное обеспечение JasPer написано на языке программирования C и его двоичные файлы доступны по адресу <http://www.ece.uvic.ca/~mdadams/jasper/>. OpenJPEG — это кодек JPEG 2000 с открытым исходным кодом, написанный на языке C. Он был разработан для продвижения использования JPEG 2000, стандарта сжатия неподвижных изображений от Объединенной группы экспертов по фотографии (JPEG). С мая 2015 года оно официально признано ISO/IEC и ITU-T в качестве эталонного программного обеспечения JPEG 2000. Подробное описание и двоичные файлы доступны на веб-сайтах <http://www.openjpeg.org/>. А также мы использовали разработанную нами программу AutoImage для улучшения визуального качества сжатых изображений. Программное обеспечение AutoImage предназначено для улучшения визуального качества растровых и цветных цифровых изображений. Экспериментальные результаты были получены на тестовых изображениях из базы TID2013.

**Результаты и обсуждение**

Оценивается производительность исследуемого метода с помощью экспериментальных результатов, которые сравнивает объективные показатели восстановленного цифровых изображений. Для объективного измерения используется PSNR. Пиковое отношение сигнал/шум (PSNR) — это отношение между максимально возможной мощностью сигнала и мощностью изменяющегося шума, влияющего на точность его изображения. Он в основном используется для измерения точности восстановления кодов после сжатия изображений. Как правило, более высокий PSNR показывает, что реконструкция имеет более высокое качество



Рис.2. Пример сжатых изображений с разным уровнем коэффициента сжатие из базы TID2013





Рисунок 3- Полученные результаты при реализации JasPer, OpenJPEG, SPIHT и AutoImage

На изображениях Рис.2 показано исходное и сжатые изображение с различным уровнем сжатия. На Рис.3 показаны полученные результаты при реализации JasPer, OpenJPEG, SPIHT и программного обеспечения AutoImage и соответствующие значений PSNR каждого изображений записаны в Таблице 1.

Таблица 1. PSNR значение для одного улучшенного изображения из базы TID2013

Уровень сжатия $Q_n$	JasPer	OpenJPEG	SPIHT	AutoImage
$Q_1$	36.760	36.762	36.751	37.750
$Q_2$	36.774	36.771	36.763	36.768
$Q_3$	36.751	36.752	36.701	36.751
$Q_4$	36.682	36.680	35.682	36.678
$Q_5$	36.601	36.604	35.001	36.608

Для исследования использовано 25 исходных изображений из общедоступной базы TID2013. Каждое исходное изображение было искажено 5 разными уровнями сжатия и каждое искаженное изображение было обработано 4 видами реализации. Таким образом рассмотрено 500 изображений. Среднее PSNR значение для улучшенного изображения из базы TID2013 представлены в Таблице 2.

Таблица 2. Среднее PSNR значение для улучшенного изображения из базы TID2013

Уровень сжатия $Q_n$	JasPer	OpenJPEG	SPIHT	AutoImage
$Q_1$	37.871	37.873	37.861	38.861
$Q_2$	37.885	37.882	37.874	37.879
$Q_3$	37.862	37.863	37.811	37.861
$Q_4$	37.793	37.791	36.793	37.789
$Q_5$	37.710	37.715	36.110	37.709

В Таблицах 3 показана среднее время реализации программы на процессоре Intel® Core i7 с тактовой частотой 3.2 ГГц.

Таблица 3. Время реализации программы

Время реализации			
SPIHT	JasPer	OpenJPEG	AutoImage
0,060	0,141	0,140	0,5

### **Заключение**

С точки зрения значений PSNR, средние показатели JasPer и OpenJPEG были статистически значимыми по сравнению с SPIHT. Более низкое качество выходного изображения стало очевидным SPIHT, где приводило к заметно падениям PSNR. Хотя, время выполнения программы AutoImage значительно выше других, результаты оценки PSNR не уступает специализированным программам JasPer и OpenJPEG и показали явное улучшение визуального качества. Как показано в последней строке рисунка 3 может генерировать более четкие выходные изображения с реалистичными деталями. AutoImage позволяет реконструировать изображения различного качества и очень прост при использовании, так как не требует сложной настройки и дополнительной библиотеки по сравнению JasPer, OpenJPEG и SPIHT.

Предложен алгоритм для улучшения визуального качества цифровых изображений после сжатия JPEG2000. Разработанные алгоритмы для улучшения качества изображений интегрированы в программу AutoImage. Анализ применения предложенного алгоритма в задаче улучшения качества сжатых изображений показал лучшие результаты PSNR по всей базе TID2013. PSNR используется для измерения точности восстановления кодов после сжатия изображений. Как правило, более высокий PSNR показывает, что реконструкция имеет более высокое качество. Тестирование времени работы алгоритмов улучшения качества показывает, что вычислительная сложность разработанного алгоритма при росте разрешения изображения увеличивается существенно, поэтому

использование его целесообразно в тех приложениях, где визуальное качество обрабатываемых изображений является важной задачей.

Разработанные алгоритмы улучшения визуального качества изображений интегрированы в программу AutoImage, на которую получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (права №30080 от 8.11.2022 года).

Разработанные алгоритмы и программное обеспечение были успешно применены, о чем свидетельствуют акты внедрения ТОО «Timal Consulting Group», ИП «BigForest», НАО «Атырауский университет им.Х.Досмухамедова».

#### ЛИТЕРАТУРЫ

Rahman M. et al., 2021 — *Рахман М. и др.* Влияние современных методов сжатия неподвижных изображений без потерь //Электроника. – 2021. – Т. 10. – №. 3. – С. 360

Skodras A et al., 2001— *Шкодрас А., Христопулос К., Эбрахими Т.* Стандарт сжатия неподвижных изображений jpeg 2000 // Журнал обработки сигналов IEEE. – 2001. – Т. 18. – 5. – С. 36-58.

Ma L. et al., 2012 — *Ма Л., Чжао Д., Гао В.* Восстановление сжатых изображений на основе обучения //Обработка сигналов: передача изображений. – 2012. – Т. 27. – №. 1. – С. 54-65.

Lee Y. . et al., 2012 — *Ли Ю.П. и др.* Скрытие изображений с высокой полезной нагрузкой с восстановлением качества с использованием трехстороннего разностного определения значений пикселей //Информатика. – 2012. – Т. 191. – С. 214-225.

Zhang T. et al., 2018 — *Чжан Т. и др.* Эффект глубины резкости в субъективной и объективной оценке качества изображения // Материалы конференции 2018 г. по исследованиям в области адаптивных и конвергентных систем. – 2018. – С. 308-312.

Baig M.A. et al. 2019 — *Байг М.А., Мойнуддин А.А., Хан Э.* Измерение точности кодированных изображений JPEG2000 в реальном времени // Международный журнал изображений и графики. – 2019. – Т. 19. – №. 01. – С. 1950005.

Eldarova E. et al., 2021 — *Эльдарова Е., Старовойтов В., Искаков К.* Сравнительный анализ универсальных методов безэталонной оценки качества цифровых изображений // Журнал теоретических и прикладных информационных технологий. – 2021. – Т. 99. – №. 9.

Гонсалес Р., 2005 — *Гонсалес Р., Вудс Р.* Цифровая обработка изображений.-М.: Техносфера, 2005. -1104 с.

Гонсалес Р. и соавт., 2006 — *Гонсалес Р., Вудс Р. Эддинс С.* Цифровая обработка изображений в Matlab. -М.: Техносфера, 2006.-621 с.

Yoo J. et al., 2018 — *Ю Дж., Ли С., Квак Н.* Восстановление изображения путем оценки частотного распределения локальных пятен // Материалы конференции IEEE по компьютерному зрению и распознаванию образов. – 2018. – С. 6684-6692.

#### REFERENCES

Rahman M. et al., 2021—*Rahman M. et al.* The impact of state-of-the-art techniques for lossless still image compression //Electronics. – 2021. – Т. 10. – №. 3. – С. 360

Skodras A et al., 2001— *Skodras A., Christopoulos C., Ebrahimi T.* The jpeg 2000 still image compression standard //IEEE Signal processing magazine. – 2001. – Т. 18. – №. 5. – С. 36-58.

Ma L. et al., 2012 — *Ma L., Zhao D., Gao W.* Learning-base d image restoration for compressed images //Signal processing: Image communication. – 2012. – Т. 27. – №. 1. – С. 54-65.

Lee Y.P. et al., 2012 — *Lee Y.P. et al.* High-payload image hiding with quality recovery using tri-way pixel-value differencing //Information sciences. – 2012. – Т. 191. – С. 214-225.

Zhang T. et al., 2018 — *Zhang T. et al.* Depth-of-field effect in subjective and objective evaluation

of image quality //Proceedings of the 2018 Conference on Research in Adaptive and Convergent Systems. – 2018. – C. 308-312.

Baig M.A. et al., 2019 — *Baig M. , Moinuddin A. A., Khan E.* Real-time fidelity measurement of JPEG2000 coded images //International Journal of Image and Graphics. – 2019. – T. 19. – №. 01. – C. 1950005.

Eldarova E. et al., 2021 — *Eldarova E., Starovoitov V., Iskakov K.* Comparative analysis of universal methods no reference quality assessment of digital images //Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2021. – T. 99. – №. 9.

Gonzalez R., 2005 — Gonzalez R., Woods R. Digital Image Processing.-M.: Technosfera, 2005. -1104 p.

Gonzalez R. et al., 2006 — Gonzalez R., Woods R. Eddins S. Digital image processing in Matlab. -M.: Technosphere, 2006.-621 p.

Yoo J. et al., 2018 — *Yoo J., Lee S., Kwak N.* Image restoration by estimating frequency distribution of local patches //Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2018. – C. 6684-6692.

## МАЗМҰНЫ

<b>Ж.К. Абдугулова, Г.А. Ускенбаева, М.Н. Тлеген, А.К. Шукирова</b> КҰБЫР 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.