

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  
Казахский национальный  
университет имени аль-Фараби

**N E W S**

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

**PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**

**1 (345)**

**JANUARY – MARCH 2023**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

## БАС РЕДАКТОР:

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

## РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**КАПАЛОВА 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 Aldazarovna**, 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), 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

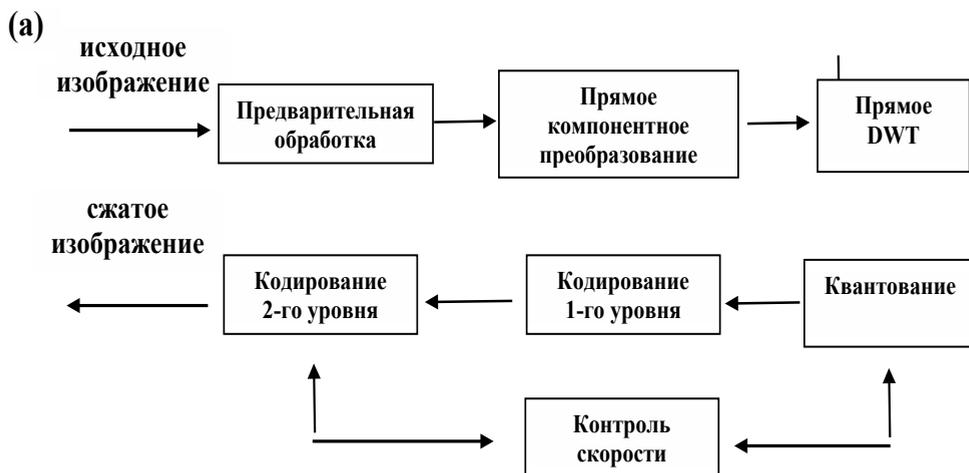
### **Введение**

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



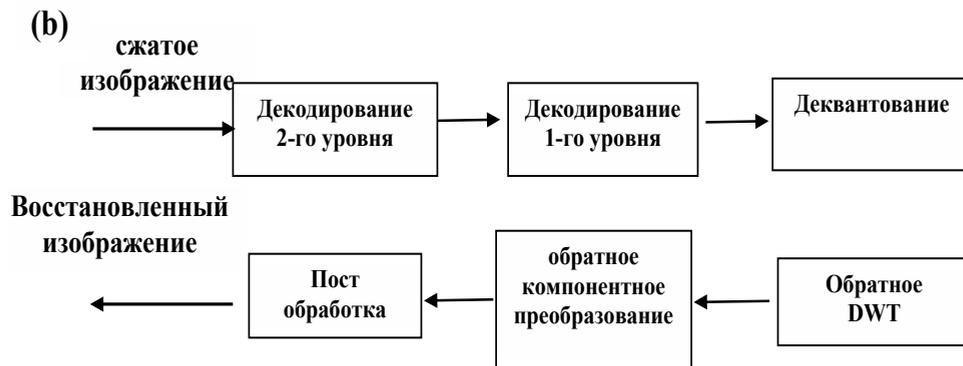


Рис.1 Блок-схема JPEG2000 (а) процедура кодирования и (б) процедура декодирования.

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

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

## СОДЕРЖАНИЕ

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

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

## CONTENTS

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

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