

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
KAZAKHSTAN



**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION
TECHNOLOGIES**

Published since 2020.
Volume 7. 2 (26). 2026
April–June

**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ
ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ**

2020 жылдан бері шығарылады
Том 7. 2 (26). 2026
Сәуір-Маусым

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Издается с 2020 г.
Том 7. 2 (26). 2026
Апрель-Июнь

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Министерство информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ82VPY00020475, выданное от 20.02.2020 г.

Зарегистрировано в Международном центре регистрации серийных изданий ISSN (ЮНЕСКО, Париж, Франция). ISSN 2708–2032 (print), ISSN 2708–2040 (online)

Журнал входит в Перечень научных изданий, рекомендуемых КОКНВО МНВО РК для публикации основных результатов научной деятельности.

EDITOR-IN-CHIEF:

Kateryna Kolesnikova — Doctor of Technical Sciences, professor, Vice-Rector for Research, International Information Technology University (Kazakhstan)

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

Madina Ipalakova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Director of the Research Department, International Information Technology University (Kazakhstan)

EDITORIAL BOARD:

Abdul Razak — PhD, professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Lucio Tommaso De Paolis — Director of the R&D Department of the AVR Laboratory, Department of Engineering for Innovation, University of Salento (Italy)

Liz Bacon — Professor, Deputy Vice-Chancellor, Abertay University (United Kingdom)

Michele Pagano — PhD, Professor, University of Pisa (Italy)

Mukhtarbay Otelbayev — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, professor of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)

Bolatbek Rysbauly — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, professor of the Department of Computing and Data Science, Astana IT University (Kazakhstan)

Yevgeniya Daineko — PhD, research professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Nurzhan Duzbayev — PhD, associate professor, Vice-Rector for Digitalization and Innovation, International Information Technology University (Kazakhstan)

Bakhtgerci Sinchev — Doctor of Technical Sciences, professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Nurgul Seilova — Candidate of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Computer Technologies and Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Ardak Mukhamediyeva — Candidate of Economic Sciences, Dean of the Faculty of Business, Media and Management, International Information Technology University (Kazakhstan)

Zamira Abdikalikova — PhD, associate professor, Head of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)

Yerlan Shildibekov — PhD, associate professor, Head of the Department of Economics and Business, International Information Technology University (Kazakhstan)

Damilya Yeskendirowa — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Aigul Niyazgulova — Candidate of Philological Sciences, Professor, Head of the Department of Media Communications and History of Kazakhstan, International Information Technology University (Kazakhstan)

Altai Aitmagambetov — Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, International Information Technology University (Kazakhstan)

Yelena Bakhtiyarova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, International Information Technology University (Kazakhstan)

Kanibek Sansyrbay — PhD, research professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Sakhybay Tynymbayev — Candidate of Technical Sciences, Professor, Research Professor, Department of Computer Engineering, International Information Technology University (Kazakhstan)

Ali Abd Almisreb — PhD, associate professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Mohamed Ahmed Hamada — PhD, associate professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Yang Im Chu — PhD, Professor, Gachon University (South Korea)

Tadeusz Wallas — PhD, Vice-Rector, Adam Mickiewicz University (Poland)

Orken Mamyrbayev — PhD, Deputy Director for Science, RSE Institute of Information and Computational Technologies, Committee for Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Kazakhstan)

Sergey Bushuyev — Doctor of Technical Sciences, professor, Director of the Ukrainian Project Management Association "UKRNET," Head of the Department of Project Management, Kyiv National University of Construction and Architecture (Ukraine)

Svetlana Beloshitskaya — Doctor of Technical Sciences, professor, Department of Computing and Data Science, Astana IT University (Kazakhstan)

MANAGING EDITOR

Raushan Mrzabayeva — Master of Science, editor, International Information Technology University (Kazakhstan)

International Journal of Information and Communication Technologies

Periodicity: 4 times a year.

Languages: Kazakh, Russian, English

DOI prefix: 10.54309

ISSN 2708-2032 (print)

ISSN 2708-2040 (online)

Thematic focus: "Information technology"; "Digital technologies in the development of socio-economic systems"; "Information security and communication technologies".

Distribution: Materials are distributed under the Creative Commons Attribution 4.0

Journal website: <https://journal.iitu.edu.kz>

Owner: International Information Technology University JSC (Almaty).

Copyright: © International Journal of Information and Communication Technologies, 2026

РЕДАКЦИЯ

БАС РЕДАКТОР:

Колесникова Катерина Викторовна — техника ғылымдарының докторы, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің ғылыми-зерттеу қызметі жөніндегі проректор (Қазақстан)

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

Ипалакова Мадина Тулегеновна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің ғылыми-зерттеу қызметі жөніндегі департамент директоры (Қазақстан)

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

- Разак Абдул** — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессоры (Қазақстан)
Луччо Томмазо де Паолис — Саленто Университеті (Италия) инновация және технологиялық инжиниринг департаменті AVR зертханасының зерттеу және әзірлеу бөлімінің директоры
Лиз Бэкон — профессор, Абертей Университеті (Ұлыбритания) вице-канцлерінің орынбасары
Микеле Пагано — PhD, Пиза Университетінің (Италия) профессоры
Өтелбаев Мухтарбай Өтелбайұлы — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының профессоры (Қазақстан)
Рысбайұлы Болатбек — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Есептеу және деректер ғылымдары департаментінің профессоры, Astana IT University (Қазақстан)
Дайнеко Евгения Александровна — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)
Дузаев Нуржан Токсужаевич — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті цифрландыру және инновациялар жөніндегі проректор (Қазақстан)
Синчев Бахтгерей Куспанович — техника ғылымдарының докторы, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессоры (Қазақстан)
Сейлова Нургуль Абдуллаевна — техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік технологиялар және киберқауіпсіздік факультетінің деканы (Қазақстан)
Мухамедиева Ардак Габитовна — экономика ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті бизнес-медиа және басқару факультетінің деканы (Қазақстан)
Абдикаликова Замира Турсынбаевна — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)
Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті экономика және бизнес кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)
Дамелия Максустовна Ескендрова — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)
Ниязгулова Айгуль Аскарбековна — филология ғылымдарының кандидаты, доцент, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті медиакоммуникация және Қазақстан тарихы кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)
Айтмағамбетов Алтай Зуфарович — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті радиотехника, электроника және телекоммуникация кафедрасының профессоры (Қазақстан)
Бахтиярова Елена Ажибековна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті радиотехника, электроника және телекоммуникация кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)
Канибек Сансызбай — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)
Тынымбаев Сахибай — техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік инженерия кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)
Алмисреб Али Абд — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)
Мохамед Ахмед Хамада — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)
Янг Им Чу — PhD, Гачон университетінің профессоры (Оңтүстік Корея)
Талеуш Валлас — PhD, Адам Мицкевич атындағы (Польша) университеттің проректоры
Мамырбаев Оркен Жумажанович — PhD, ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті ақпараттық және есептеу технологиялары институты ӨМК директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Қазақстан)
Бушув Сергей Дмитриевич — техника ғылымдарының докторы, профессор, Украинаның "УКРНЕТ" жобаларды басқару қауымдастығының директоры, Киев ұлттық құрылыс және сулет университеті жобаларды басқару кафедрасының менгерушісі (Украина)
Белюшицкая Светлана Васильевна — техника ғылымдарының докторы, доцент, Astana IT University есептеу және деректер ғылымы кафедрасының профессоры (Қазақстан)

ЖАУАПТЫ РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — магистр, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің редакторы (Қазақстан)

Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Префикс DOI: 10.54309

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Басылым тілі: қазақ, орыс, ағылшын.

Тақырып бағыты: "Ақпараттық технологиялар"; "Ақпараттық қауіпсіздік және коммуникациялық технологиялар"; "Әлеуметтік-экономикалық жүйелерді дамытудағы цифрлық технология".

Журнал сайты: <https://journal.iitu.edu.kz>

Тарату: материалдар Creative Commons Attribution 4.0 лицензиясы бойынша таратылады

Меншік иесі: АҚ «Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті» (Алматы қ.).

Авторлық құқық: © Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы, 2026

РЕДАКЦИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Колесникова Катерина Викторовна — доктор технических наук, профессор, проректор по научно-исследовательской деятельности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Ипалакова Мадина Тулегеновна — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, директор департамента по научно-исследовательской деятельности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Разак Абдул — PhD, профессор кафедры кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Лучио Томмазо де Паолис — директор отдела исследований и разработок лаборатории AVR департамента инноваций и технологического инжиниринга Университета Саленто (Италия)

Лиз Бэкон — профессор, заместитель вице-канцлера Университета Абертей (Великобритания)

Микеле Пагано — PhD, профессор Университета Пизы (Италия)

Отелбаев Мухтарбай Отелбайулы — доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, профессор кафедры математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Рысбайулы Болатбек — доктор физико-математических наук, профессор, профессор Astana IT University (Казахстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, профессор-исследователь кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Дузбаев Нуржан Токкужаевич — PhD, ассоциированный профессор, проректор по цифровизации и инновациям Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Синчев Бахтгерей Куспанович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Сейлова Нургуль Абадуллаевна — кандидат технических наук, декан факультета компьютерных технологий и кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Мухамедиева Ардак Габитовна — кандидат экономических наук, декан факультета бизнеса медиа и управления Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Абдикаликова Замира Турсынбаевна — PhD, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, ассоциированный профессор, заведующий кафедрой экономики и бизнеса Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Дамелия Максугуона Ескендрова — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Ниязгулова Айгуль Аскарбековна — кандидат филологических наук, доцент, профессор, заведующая кафедрой медиакоммуникации и истории Казахстана Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Айтмагамбетов Алтай Зуфарович — кандидат технических наук, профессор кафедры радиотехники, электроники и телекоммуникаций Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Бахтиярова Елена Ажибековна — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой радиотехники, электроники и телекоммуникаций Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Канибек Сансызбай – PhD, ассоциированный профессор, профессор-исследователь кафедры кибербезопасности, Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Тынымбаев Сахпай – кандидат технических наук, профессор, профессор-исследователь кафедры компьютерной инженерии, Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Алимиреб Али Абд — PhD, ассоциированный профессор кафедры кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Мохамед Ахмед Хамада — PhD, ассоциированный профессор кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Янг Им Чу — PhD, профессор университета Гачон (Южная Корея)

Тадеуш Валлас – PhD, проректор университета имен Адама Мицкевича (Польша)

Мамырбаев Оркен Жумажанович — PhD, заместитель директора по науке РГП Института информационных и вычислительных технологий Комитета науки МНВО РК (Казахстан)

Бушуев Сергей Дмитриевич — доктор технических наук, профессор, директор Украинской ассоциации управления проектами «УКРНЕТ», заведующий кафедрой управления проектами Киевского национального университета строительства и архитектуры (Украина)

Белошницкая Светлана Васильевна — доктор технических наук, доцент, профессор кафедры вычислений и науки о данных Astana IT University (Казахстан)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — магистр, редактор Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Международный журнал информационных и коммуникационных технологий

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Префикс DOI: 10.54309

Периодичность: 4 выпусков в год.

Язык издания: казахский, русский, английский.

Тематическая направленность: "Информационные технологии"; "Информационная безопасность и коммуникационные технологии"; "Цифровые технологии в развитии социально-экономических систем".

Сайт журнала: <https://journal.iitu.edu.kz>

Распространение: материалы распространяются по лицензии Creative Commons Attribution 4.0

Собственник: АО «Международный университет информационных технологий» (г. Алматы).

Авторские права: © Международный журнал информационных и коммуникационных технологий, 2026

CONTENTS

DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

D. Abzhanova, A. Biloshchytski

A MODEL AND METHOD FOR MANAGING DATA ON EMISSIONS FROM STATIONARY SOURCES OF POLLUTION IN AN INTELLIGENT ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM9

A. Slanbekova, M. Rakhimzhanova, A. Zhanibekova, A. Alimagambetova, M. Xudoyberganov

EARLY DETECTION OF HYDROLOGICAL HAZARDS BASED ON SPATIOTEMPORAL ANALYSIS25

INFORMATION TECHNOLOGY

F.N. Abdraimova, A.A. Kereibayeva, D.S. Dyussenova, D.A. Aliyeva, T.Zh. Toktarova

AI TECHNOLOGIES IN LANGUAGE EDUCATION: PRACTICAL ASPECTS AND CHALLENGES OF STUDENT USAGE36

G. Azieva, M. Yessenova, A. Abzhapparova, G. Abdikerimova, P. Schmidt

HYBRID STACKING FRAMEWORK FOR CROP CLASSIFICATION USING UAV DATA50

A.K. Aitim

JOINT MORPHOLOGICAL DISAMBIGUATION AND POS TAGGING FOR AGGLUTINATIVE LANGUAGES62

S.A. Yesniyazova, S.T. Kaimov

PREDICTIVE MAINTENANCE OF HEAVY-DUTY TRUCKS USING EXPLAINABLE MACHINE LEARNING78

T. Imanbekova, Zh. Ibrayeva, G. Jakanova, G. Askanbay

DATA COMPRESSION ALGORITHM BASED ON WAVELET TRANSFORMER; ANALYSIS AND IMPLEMENTATION IN MATLAB92

B.Z. Kenzhegulov, Zh.T. Bilyalova, K.N. Uteuliyeva, L. Nurgaliyeva, Sh.S. Nurzhanova

A MATHEMATICAL AND ALGORITHMIC APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT TEXT-TO-SQL SYSTEM BASED ON LARGE LANGUAGE MODELS110

N.Sh. Maxutova, J.A. Tussupov, A.A. Shekerbek, Zh.E. Kenzhebayeva, Q.O. Rakhimov

MACHINE LEARNING FOR COMPREHENSIVE EVALUATION OF CARDIOVASCULAR DISEASE RISK AND BIOCHEMICAL ALTERATIONS: FOCUS ON ASPARTATE AMINOTRANSFERASE131

O.S. Salykova, V.A. Madin, B.R. Salykov, D.N. Komarov, N.V. Manuilov

INTEGRATION OF MEMS ACCELEROMETER SENSOR MODULES IN INDUSTRIAL MONITORING SYSTEMS146

R. Taberkhan, M.A. Sambetbayeva, G. Kalman

KAZCAUSAL: THE FIRST CORPUS-BASED ANNOTATION OF CAUSAL RELATIONSHIPS IN THE KAZAKH LANGUAGE160

S.Tynymbayev, S.E. Mamanova, R. Berdybayev, Zh.E. Temirbekova, T. Chinibayeva

DIVIDING DEVICES WITH PRELIMINARY PREPARATION OF MULTIPLES OF THE DIVISOR172

K.N. Uteuliyeva, B.Z. Kenzhegulov, T.A. Karazhigitova, H.İ. Bülbül, Z.Zh. Zhanuzakova

MATHEMATICAL AND ALGORITHMIC APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF A COLLABORATIVE FILTERING-BASED RECOMMENDER SYSTEM188

S. Sharmukhanbet, G. Turmukhanova, O. Findik, V. Makhatova, L. Kurmangazyeva

HIGH-PRECISION ROBOTIC ASSEMBLY UNDER VARIABLE ILLUMINATION: A ROBUST MECHATRONIC ARCHITECTURE FOR VISUAL SERVOING209

INFORMATION SECURITY AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

A. Amirbay, Z. Amanbaikyzy, K. Maxutova, A. Mukhanova, M. Kassim

MACHINE LEARNING ALGORITHM FOR EARLY DETECTION OF AUTISM SPECTRUM DISORDERS IN CHILDREN BASED ON MULTIMODAL ANALYSIS OF EYE MOVEMENTS AND FACIAL EXPRESSIONS227

K. Baisylbayeva, Sh. Mussiraliyeva, Zh. Yeltay

DETECTION OF EXTREMIST IDEOLOGY IN THE KAZAKH LANGUAGE: ANNOTATION CHALLENGES AND DEEP LEARNING APPROACHES242

M.A. Bolatbek, A.M. Usmanova, K.B. Bagitova, G.B. Baispay

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A METHOD FOR ANALYZING NETWORK TRAFFIC TO IDENTIFY A CYBER THREAT	261
D.I. Prokopovych-Tkachenko, N.K. Zhumagalieva, D.N. Shchytyov, N.F. Mormul, D.A. Cherkaskyi FUZZY MODEL FOR EVALUATING INFORMATION SECURITY PARAMETERS OF INFORMATION SYSTEMS UNDER INCOMPLETE AND QUALITATIVE DATA: CONSTRUCTION METHODOLOGY, RULE BASE TUNING, AND DEMONSTRATION CASE FOR ORGANIZATIONS	279
E.A. Pustovoy, O.A. Pustovaya, A.N. Raushanova, I.S. Zaurbekov EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF SYNTHESIS OF STOCHASTIC MODELS WITH CONTROLLED PROPERTIES	305
Y. Serzhan, T. Umarov, A. Abilbayeva FRAUD DETECTION IN CREDIT CARD TRANSACTIONS USING MACHINE LEARNING: A COMPARATIVE ANALYSIS	321

МАЗМҰНЫ

ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ДАМУДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Д.Е. Абжанов, А.А. Белоощицкий ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГТІҢ ЗИЯТКЕРЛІК ЖҮЙЕСІНДЕГІ СТАЦИОНАРЛЫҚ ЛАСТАНУ КӨЗ-ДЕРІНІҢ ШЫҒАРЫНДЫЛАРЫ ТУРАЛЫ ДЕРЕКТЕРДІ БАСҚАРУДЫҢ МОДЕЛІ МЕН ӘДІСІ	9
А.Е. Сланбекова, М.Б. Рахимжанова, А.И. Жанибекова, А.З. Алимагамбетова, М. Худойбергенов КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ (SPATIOTEMPORAL) ТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІП-ҚАТЕРДІ ЕРТЕ АНЫҚТАУ	25

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Ф.Н. Абдранмова, А.А. Керейбаева, Д.С. Дюсенова, Д.А. Алиева, Т.Ж. Токтарова ТІЛ БІЛІМІНДЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ: СТУДЕНТТЕР ҚОЛДАНУЫНЫҢ ПРАКТИКАЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ МЕН МӘСЕЛЕЛЕРІ	36
Г.Т. Азиева, М.Б. Есенова, А.К. Абжаппарова, Г.Б. Абдикеримова, Р. Schmidt UAV ДЕРЕКТЕРІ НЕГІЗІНДЕ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ DAҚЫЛДАРЫН ЖІКТЕУГЕ АРНАЛҒАН ГИБРИДТІ СТЕКИНГ МОДЕЛІ	50
Ә.Қ. Әйтiм АГГЛЮТИНАТИВТІ ТІЛДЕРГЕ АРНАЛҒАН МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ДИЗАМБИГУАЦИЯ МЕН POS-ТАҢ-БАЛАУДЫ БІРЛЕСІП МОДЕЛЬДЕУ	62
С.А. Есниязова, С.Т. Каимов ТҮСІНДІРІЛЕТІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП АУЫР ЖҮК КӨЛІКТЕРІНЕ БОЛЖАМДЫ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ	78
Т.Д. Иманбекова, Ж.Б. Ибраева, Г.Т. Джаканова, Г.Т. Асқанбай МӘЛІМЕТТЕРДІ ВЕЙВЛЕТ-ТҮРЛЕНДІРГІШТІҢ НЕГІЗІНДЕ ҚЫСУ АЛГОРИТМІ; MATLAB ОРТАСЫНДА ТАЛДАУ ЖӘНЕ ІСКЕ АСЫРУ	92
Б.З. Кенжегулов, Ж.Т. Билялова, К.Н. Утеулиева, Л. Нурғалиева, Ш.С. Нуржанова ҮЛКЕН ТІЛДІК МОДЕЛЬДЕР НЕГІЗІНДЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ТЕХТ-ТО-SQL ЖҮЙЕСІН ӨЗІРЛЕУДІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ-АЛГОРИТМДІК ТӘСІЛІ	110
Н.Ш. Максұтова, Ж.А. Тусупов, А.Ә. Шекербек, Ж.Е. Кенжебаева, К.О. Рахимов ЖҮРЕК-ҚАН ТАМЫРЛАРЫ АУРУЛАРЫНЫҢ ҚАУІП-ҚАТЕРІН ЖӘНЕ БИОХИМИЯЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ КЕШЕНДІ БАҒАЛАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ: АСПАРТАМИНОТРАНСФЕРАЗАҒА ЕРЕКШЕ НАЗАР	131
О.С. Салықова, В.А. Мадин, Б.Р. Салықов, Д.Н. Комаров, Н.В. Мануилов ӨНЕРКӘСІПТІК МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ MEMS-АКСЕЛЕРОМЕТРЛЕРДІҢ СЕНСОРЛЫҚ МОДУЛЬДЕРІН ИНТЕГРАЦИЯЛАУ	146
Р. Таберхан, М.А. Самбетбаева, Г. Қалман KAZCAUSAL: ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ СЕБЕП-САЛДАРЛЫҚ ҚАТЫНАСТАРДЫҢ АЛҒАШҚЫ КОРПУСТЫҚ АННОТАЦИЯСЫ	160
С. Тынымбаев, С.Е. Маманова, Р. Бердібаев, Ж.Е. Темірбекова, Т. Чинибаева БӨЛГІШТІҢ ЕСЕЛІ МӘНДЕРІН АЛДЫН АЛА ДАЙЫНДАУМЕН ЖҮЗЕГЕ АСЫРЫЛАТЫН БӨЛУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ	172



К.Н. Утеулиева, Б.З. Кенжегулов, Т.А. Каражигитова, Х. Булбул, З.Ж. Жанузакова КОЛЛАБОРАТИВТІК СҮЗГІЛЕУ НЕГІЗІНДЕГІ ҰСЫНЫМДЫҚ ЖҮЙЕНІ ӨЗІРЛЕУДІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ-АЛГОРИТМДІК ТӘСІЛДЕРІ	188
С. Шармуханбет, Г. Тұрмуханова, О. Финдик, В. Махатова, Л. Курмангазиева АЙНЫМАЛЫ ЖАРЫҚ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ЖОҒАРЫ ДӘЛДІКТІ РОБОТТЫҚ ҚҰРАСТЫРУ: ВИЗУАЛДЫ СЕРВОТЕЖЕУДІҢ ТӨЗІМДІ МЕХАТРОНИКАЛЫҚ АРХИТЕКТУРАСЫ	209

АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН

А. Амирбай, З. Аманбайқызы, К. МаксUTOBA, А. Муханова, М. Kassim КӨЗ ҚОЗҒАЛЫСТАРЫ МЕН БЕТ МИМИКА БЕЛГІЛЕРІН МУЛЬТИМОДАЛЬДЫ ТАЛДАУҒА НЕГІЗ- ДЕЛГЕН БАЛАЛАРДАҒЫ АУТИЗМ СПЕКТРІНІҢ БҰЗЫЛЫСТАРЫН ЕРТЕ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМІ	227
К.Д. Байсылбаева, Ш.Ж. Мусиралиева, Ж. Елтай ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ ЭКСТРЕМИСТІК ИДЕОЛОГИЯНЫ АНЫҚТАУ: АННОТАЦИЯЛАУ МӘСЕЛЕЛЕРІ ЖӘНЕ ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ТӘСІЛДЕРІ	242
М.А. Болатбек, А.М. Усманова, Қ.Б. Багитова, Г.Б. Байспай КИБЕР ҚАУІПТІ АНЫҚТАУ ҮШІН ЖЕЛІЛІК ТРАФИКТІ ТАЛДАУ ӘДІСІН ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ	261
Д.И. Прокопович-Ткаченко, Н.К. Жумагалиева, Д.Н. Щитов, Н.Ф. Мормуль, Д.А. Черкасский ТОЛЫҚ ЕМЕС ЖӘНЕ САПАЛЫҚ ДЕРЕКТЕР ЖАҒДАЙЫНДА АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ АҚПА- РАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ПАРАМЕТРЛЕРІН БАҒАЛАУДЫҢ БҰЛЫҢҒЫР МОДЕЛІ: ҚҰРУ ӘДІСТЕМЕСІ, ЕРЕЖЕЛЕР БАЗАСЫН БАПТАУ ЖӘНЕ ҰЙЫМДАРҒА АРНАЛҒАН ДЕМОНСТРАЦИЯЛЫҚ КЕЙС	279
Е.А. Пустовой, О.А. Пустовая, А.Н. Раушанова, И.С. Заурбеков БАСҚАРЫЛАТЫН ҚАСИЕТТЕРІ БАР СТОХАСТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРДІ СИНТЕЗДЕУДІҢ ТИМДІЛІГІН БАҒАЛАУ	305
Е. Сержан, Т. Умаров, А. Әбілбаева МАШИНАЛЫҚ ОҚУ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ КРЕДИТ КАРТА ОПЕРАЦИЯЛАРЫНДАҒЫ АЛАЯҚТЫҚТЫ АНЫҚТАУ: САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ	321

СОДЕРЖАНИЕ

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВИТИИ СОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Д.Е. Абжанова, А.А. Белошицкий МОДЕЛЬ И МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ О ВЫБРОСАХ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА	9
А.Е. Сланбекова, М.Б. Рахимжанова, А.И. Жанибекова, А.З. Алимагамбетова, М. Худойбергенов РАННЕЕ ВЫЯВЛЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННОГО (SPATIOTEMPORAL) АНАЛИЗА	25

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ф.Н. Абдраимова, А.А. Керейбаева, Д.С. Дюсенова, Д.А. Алиева, Т.Ж. Токтарова ТЕХНОЛОГИИ ИИ В ЯЗЫКОВОМ ОБРАЗОВАНИИ: ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТУДЕНТАМИ	36
Г.Т. Азиева, М.Б. Есенова, А.К. Абжаппарова, Г.Б. Абдикеримова, P. Schmidt ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ СТЕКИНГА ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПО ДАННЫМ UAV	50
Ә.Қ. Әйтiм СОВМЕСТНАЯ МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ДИЗАМБИГУАЦИЯ И POS-РАЗМЕТКА ДЛЯ АГГЛЮТИНАТИВНЫХ ЯЗЫКОВ	62
С.А. Есниязова, С.Т. Каимов ПРЕДИКТИВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ТЯЖЁЛЫХ ГРУЗОВИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИ- ЕМ ОБЪЯСНИМОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	78
Т.Д. Иманбекова, Ж.Б. Ибраева, Г.Т. Джаканова, Г.Т. Асқанбай	

АЛГОРИТМ СЖАТИЯ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ: АНАЛИЗ И РЕАЛИЗАЦИЯ В МАТЛАВ	92
Б.З. Кенжегулов, Ж.Т. Билялова, К.Н. Утеулиева, Л. Нургалиева, Ш.С. Нуржанова МАТЕМАТИКО-АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ TEXT-TO-SQL СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ	110
Н.Ш. МаксUTOва, Д.А. Тусупов, А.А. Шекербек, Ж.Е. Кенжебаева, К.О. Рахмтов МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ РИСКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ И БИОХИМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ: АКЦЕНТ НА АСПАРТАМИНОТРАНСФЕРАЗЕ ...	131
О.С. Салыкова, В.А. Мадин, Б.Р. Салыков, Д.Н. Комаров, Н.В. Мануйлов ИНТЕГРАЦИЯ СЕНСОРНЫХ МОДУЛЕЙ MEMS-АКСЕЛЕРОМЕТРОВ В СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОГО МОНИТОРИНГА	146
Р. Таберхан, М.А. Самбетбаева, Г. Калман KAZCAUSAL: ПЕРВАЯ КОРПУСНАЯ АННОТАЦИЯ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ	160
С. Тынымбаев, С.Е. Маманова, Р. Бердибаев, Ж.Е. Темирбекова, Т. Чинибаева УСТРОЙСТВА ДЕЛЕНИЯ ЧИСЕЛ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКОЙ КРАТНЫХ ДЕЛИТЕЛЮ	172
К.Н. Утеулиева, Б.З. Кенжегулов, Т.А. Каражигитова, Х.Бюльбюль, З.Ж. Жанузакова МАТЕМАТИКО-АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ КОЛЛАБОРАТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ	188
С. Шармуханбет, Г. Турмуханова, О.Финдик, В.Махатова, Л. Курмангазиева ВЫСОКОТОЧНАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ СБОРКА ПРИ ПЕРЕМЕННОЙ ОСВЕЩЁННОСТИ: РОБАСТНАЯ МЕХАТРОННАЯ АРХИТЕКТУРА ВИЗУАЛЬНОГО СЕРВОУПРАВЛЕНИЯ	209

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А. Амирбай, З. Аманбайкызы, К. МаксUTOва, А. Муханова, М. Kassim АЛГОРИТМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ РАССТРОЙСТВ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА У ДЕТЕЙ НА ОСНОВЕ МУЛЬТМОДАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ И МИМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ	227
К.Д. Байсылбаева, Ш.Ж. Мусиралиева, Ж.Елтай ОБНАРУЖЕНИЕ ЭКСТРЕМИСТСКОЙ ИДЕОЛОГИИ НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ: ПРОБЛЕМЫ АННОТИРОВАНИЯ И МЕТОДЫ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ	242
М.А. Болатбек, А.М. Усманова, К.Б. Багитова, Г.Б. Байспай РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА СЕТЕВОГО ТРАФИКА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ КИБЕРУГРОЗЫ	261
Д.И. Прокопович-Ткаченко, Н.К. Жумагалиева, Д.Н. Щитов, Н.Ф. Мормуль, Д.А. Черкасский НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ДАННЫХ: МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ, НАСТРОЙКА БАЗЫ ПРАВИЛ И ДЕМОСТРАЦИОННЫЙ КЕЙС ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ	279
Е.А. Пустовой, О.А. Пустовая, А.Н. Раушанова, И.С. Заурбеков ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИНТЕЗА СТОХАСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ С УПРАВЛЯЕМЫМИ СВОЙСТВАМИ	305
Е. Сержан, Т. Умаров, А. Абильбаева ВЫЯВЛЕНИЕ МОШЕННИЧЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ОПЕРАЦИЯХ С КРЕДИТНЫМИ КАРТАМИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ	321



INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 7. Is.2. Number 26 (2026). Pp. 92–109

Journal homepage: <https://journal.iitu.edu.kz><https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.007>

DATA COMPRESSION ALGORITHM BASED ON WAVELET TRANSFORMER; ANALYSIS AND IMPLEMENTATION IN MATLAB

T. Imanbekova¹, Zh. Ibrayeva¹, G. Jakanova^{1}, G. Askanbay²*

¹International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan;

²University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: gjakanova@iitu.edu.kz

Imanbekova Tokhtabubi — Candidate of Technical Sciences, associate professor of the department «Radio engineering, electronics and telecommunications», International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: gjakanova@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-3698-3956>;

Ibrayeva Zhanar — Phd, assistant professor professor of the department «Radio engineering, electronics and telecommunications», International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0003-3196-696X>;

Jakanova Gaukhar — senior-lecturer of the department «Radio engineering, electronics and telecommunications», International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: gjakanova@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0004-7890-3573>;

Askanbay Gaukhar — doctoral student in «Electric Power Engineering», Institute of Energy and Green Technologies, University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0009-0000-3917-9608>.

© T.D. Imanbekova, Zh.B. Ibrayeva, G.T. Jakanova, G.T. Askanbay

Abstract. As digital technologies continue to advance, the volume of shared information is growing at an incredible speed. This trend causes a massive demand for bigger storage systems and improved bandwidth for communication channels. In the past, when internet connections was slow, transferring even basic programs or files took a very long time. This is why efficient data compression methods became so essential. These techniques led to the development of archivers-tools that considerably decline file sizes without damaging the actual content. In this work, we took a close look at modern compression algorithms based on wavelet transforms. We did not just compare existing methods; we also developed our own software solution using the Wavelet Toolbox within



the MATLAB environment. Through various tests, we checked how much different types of data could be reduced and measured the specific compression ratios. The Wavelet Toolbox provides a wide range of functions for processing signals and images. The compression works by removing less important wavelet coefficients and then restoring the signal. The study analyzed data compression algorithms based on the discrete wavelet transform. The audio and image compression processes were implemented in the MATLAB environment, and the influence of different wavelet types and division levels on the compression efficiency was assessed. The results of the study showed the efficiency of Dmey and DB20 wavelets for audio signals, as well as Haar and Bior1.1 wavelets for images. The proposed approach allows optimizing the processes of data storage and transmission without reducing their quality. The efficiency of the algorithm is confirmed by high results in compression and restoration of various types of signals.

Keywords: wavelet transformer, data compression, audio signal, image processing, compression ratio, recovery algorithm, decomposition degree

For citation: T.D. Imanbekova, Zh.B. Ibrayeva, G.T. Jakanova, G.T. Askanbay (2026). Data compression algorithm based on wavelet transformer; analysis and implementation in MATLAB // International journal of information and communication technologies. Vol. 7. No. 26. Pp. 92–109. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.007>. (In Kaz.).

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

МӘЛІМЕТТЕРДІ ВЕЙВЛЕТ-ТҮРЛЕНДІРГІШТІҢ НЕГІЗІНДЕ ҚЫСУ АЛГОРИТМІ; MATLAB ОРТАСЫНДА ТАЛДАУ ЖӘНЕ ІСКЕ АСЫРУ

Т.Д. Иманбекова¹, Ж.Б. Ибраева¹, Г.Т. Джаканова^{1}, Г.Т. Асқанбай²*

¹Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан;

²Ғ.Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: gjakanova@iitu.edu.kz

Иманбекова Тохтабуби Джумадиловна — т.ғ.к., «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: gjakanova@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-3698-3956>;

Ибраева Жанар Базарбековна — Phd, «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» кафедрасының ассистент-профессоры, Халықаралық Ақпараттық Технологиялар Университеті, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0003-3196-696>;

Джаканова Гаухар Талгатовна — «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» кафедрасының сениор-лекторы, Халықаралық Ақпараттық Технологиялар Университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: gjakanova@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0004-7890-3573>;



Гаухар Тілеубердіқызы Асқанбай — «Электроэнергетика» мамандығы бойынша докторант, Жасыл технологиятар және энергетика институты, Ғ.Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы, Алматы, Қазақстан
<https://orcid.org/0009-0000-3917-9608>.

© Т.Д. Иманбекова, Ж.Б. Ибраева, Г.Т. Джаканова, Г.Т. Асқанбай

Аннотация. Сандық технологияның дамуымен берілетін ақпарат көлемі өте тез өсуде. Бұл бізді құрылғы жадын кеңейту және байланыс арнасының өткізу қабілетін жақсарту үшін жаңа шешімдер іздеуге мәжбүр етеді. Бұрын интернет байланысы әлсіз болған кезде, тіпті қарапайым бағдарламаларды немесе файлдарды жіберу де ұзақ уақытты алды. Дәл осы кезде тиімді деректерді сығу әдістері сұранысқа ие болды, бұл файл өлшемін оның мазмұнына зиян келтірмей азайтатын таныс мұрағатшылардың дамуына әкелді. Бұл мақалада біз толқындық түрлендірулерге негізделген заманауи сығу алгоритмдерін егжей-тегжейлі қарастырдық. Біз тек қолданыстағы тәсілдерді салыстырып қана қоймай, сонымен қатар Wavelet Toolbox пакетін пайдаланып MATLAB-та өз бағдарламалық шешімімізді жасадық. Біздің сынақтарымызда біз әртүрлі деректер түрлерін қаншалықты азайтуға болатынын және нақты сығу жылдамдықтарына қол жеткізілгенін тексердік. Wavelet Toolbox құралдар жинағы сигналдар мен кескіндерді икемді түрде басқаруға мүмкіндік береді. Мұнда сығу процесі маңызды емес толқындық коэффициенттерді алып тастау арқылы жүзеге асырылады, содан кейін сигнал қалпына келтіріледі. Зерттеу барысында дискретті вейвлет-түрлендіргішке негізделген мәліметтерді қысу алгоритмдері талданды. MATLAB ортасында аудиосигналдар мен кескіндерді қысу процестері жүзеге асырылып, әр түрлі вейвлет түрлері мен бөліну деңгейлерінің қысу тиімділігіне әсері бағаланды. Зерттеу нәтижелері Dmey және DB20 вейвлеттерінің аудиосигналдар үшін, ал Haar және Bior1.1 вейвлеттерінің кескіндер үшін тиімділігін көрсетті. Ұсынылған тәсіл мәліметтердің сапасын төмендетпей, оларды сақтау мен тасымалдау үдерістерін оңтайландыруға мүмкіндік береді. Алгоритмнің тиімділігі әртүрлі типтегі сигналдарды қысу және қалпына келтіру кезінде жоғары нәтижелермен дәлелденді.

Түйінді сөздер: вейвлет-түрлендіргіш, мәліметтерді қысу, аудиосигнал, кескінді өңдеу, қысу коэффициенті, қалпына келтіру алгоритмы, бөліну деңгейі

Дәйексөздер үшін: Т.Д. Иманбекова, Ж.Б. Ибраева, Г.Т. Джаканова, Г.Т. Асқанбай (2026). Мәліметтерді вейвлет-түрлендіргіштің негізінде қысу алгоритмі; MATLAB ортасында талдау және іске асыру // Халықаралық ақпараттық және коммуникалық технологиялар журналы. Т. 7. No. 26. Б. 92–109. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.007>. (Қаз. тіл.).

Мүдделер қақтығысы: Авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

АЛГОРИТМ СЖАТИЯ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ: АНАЛИЗ И РЕАЛИЗАЦИЯ В МАТЛАВ

Т.Д. Иманбекова¹, Ж.Б. Ибраева¹, Г.Т. Джаканова^{1}, Г.Т. Асқанбай²*

¹Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан;

²Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан.

E-mail: gjakanova@iitu.edu.kz

Иманбекова Тохтабуби Джумадиловна — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, кафедра «Радиотехника, электроника и телекоммуникации», Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-3698-3956>;

Ибраева Жанар Базарбековна — Ph.D., ассистент-профессор, кафедра «Радиотехника, электроника и телекоммуникации», Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-3196-696>;

Джаканова Гаухар Талгатовна — сениор-лектор, кафедра «Радиотехника, электроника и телекоммуникации», Алматы, Казахстан

E-mail: gjakanova@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0004-7890-3573>;

Асқанбай Гаухар Тілеубердіқызы — докторант по специальности «Электроэнергетика», Институт энергетики и зеленых технологий, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0009-0000-3917-9608>.

© Т.Д. Иманбекова, Ж.Б. Ибраева, Г.Т. Джаканова, Г.Т. Асқанбай

Аннотация. С развитием цифровых технологий объемы передаваемой информации растут невероятно быстро. Это заставляет нас искать новые решения для расширения памяти устройств и улучшения пропускной способности каналов связи. Раньше, когда интернет-соединение было слабым, отправка даже обычных программ или файлов затягивалась надолго. Именно тогда стали востребованы методы эффективного сжатия данных-так появились привычные нам архиваторы, которые уменьшают размер файла, не портя его содержимое. В данной работе мы подробно изучили современные алгоритмы сжатия, работающие на базе вейвлет-преобразований. Мы не только сравнили существующие подходы, но и создали собственное программное решение в среде MATLAB с помощью пакета Wavelet Toolbox. В ходе тестов мы проверили, насколько сильно можно уменьшить разные типы данных и какие конкретные показатели сжатия при этом получаются. Инструментарий Wavelet Toolbox позволяет гибко работать с сигналами и изображениями. Процесс сжатия здесь происходит за счет удаления второстепенных вейвлет-коэффициентов, после чего сигнал восстанавливается. В ходе исследования были проанализированы алгоритмы сжатия данных на основе дискретного вейвлет-преобразования. Процес-

сы сжатия аудио и изображений были реализованы в среде MATLAB, а также было оценено влияние различных типов вейвлетов и уровней разделения на эффективность сжатия. Результаты исследования показали эффективность вейвлетов Dmey и DB20 для аудиосигналов, а также вейвлетов Haar и Bior1.1 для изображений. Предложенный подход позволяет оптимизировать процессы хранения и передачи данных без снижения их качества. Эффективность алгоритма подтверждена высокими результатами при сжатии и восстановлении различных типов сигналов.

Ключевые слова: вейвлет-преобразователь, сжатие информации, аудиосигнал, обработка изображения, коэффициент сжатия, алгоритм восстановления, степень разложения

Для цитирования: Т.Д. Иманбекова, Ж.Б. Ибраева, Г.Т. Джаканова, Г.Т. Асқанбай (2026). Алгоритм сжатия данных на основе вейвлет-преобразователя: анализ и реализация в MATLAB // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. Т. 7. No. 26. Стр. 92–109. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.007>. (На каз.).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Кіріспе.

Заманауи телекоммуникациялық жүйелер ақпараттың өзара алмасуының басты инфрақұрылымы болып анықталды және олар кең көлемдегі мәліметтерді байланыс арналары көмегімен жеткізуге негізделген өте күрделі техникалық, әрі программалық құралдар комплексін қамтиды. Бұндай жүйелер мәтіндік, графикалық, дыбыстық және бейне ақпараттарды сенімді түрде таратуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл жүйелер бірнеше ондаған мыңнан бастап миллионға дейінгі пайдаланушыларға қызмет көрсетуге қабілетті, бұл олардың өнімділігі мен тиімділігіне жоғары талаптар қояды.

Телекоммуникация қызметтерінің сапасын жақсартудағы негізгі мәселелердің бірі- байланыс арналарының өткізу қабілеттілігін барынша тиімді пайдалану. Арналардың өткізу қабілеттілігі көбінесе желі арқылы өтетін трафик көлеміне байланысты (Chen et al., 2024; Daubechies et al., 2001). Трафик көлемінің артуы деректерді беру жылдамдығына кері әсер етуі және желінің жалпы өнімділігін төмендетуі мүмкін. Осыған байланысты ақпарат көлемін азайту, яғни деректерді сығу әдістерін қолдану ерекше маңызды. Деректерді сығу алгоритмдерін қолдану арқылы берілетін ақпарат көлемін азайтуға және арна ресурстарын тиімдірек пайдалануға болады.

Соңғы жылдары толқындық түрлендіру цифрлық телекоммуникация жүйелерінде сигналды өңдеудің тиімді әдістерінің бірі ретінде кеңінен қолданылып келеді. Бұл әдіс сигналды талдау мен өңдеуде жоғары нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді. Толқындық түрлендіруді қолдану арқылы сигналды сығу деңгейін бірнеше есе арттыруға болады, бұл дәстүрлі әдістерге қарағанда айтарлықтай тиімді (Imanbekova et al., 2021). Сонымен қатар, байланыс арнасының өткізу қабілеттілігіне байланысты сигналды белгілі бір деңгейге дейін сығуға және сапасын айтарлықтай төмендетпей беруге болады. Толқындыққа негізделген классикалық сығу алгоритмдеріне Haar,

Huffman және Dობéсhу әдістері жатады.

Вейвлет түрлендірулерінің негізгі артықшылықтарының бірі-олар сигналды уақыт және жиілік салаларында бір уақытта талдауға мүмкіндік береді. Бұл әдіс, Фурье түрлендіруінің артықшылықтарын сақтай отырып, қосымша мүмкіндіктер ұсынады. Атап айтқанда, вейвлеттер сигналдың уақыт бойынша орналасуын да, оның жиілік сипаттамаларын да дәл анықтауға мүмкіндік береді (Egorova et al., 2019). Нәтижесінде сигнал құрылымын терең талдау жүзеге асырылады және оның маңызды компоненттері бөлінеді.

MATLAB ортасындағы Wavelet Toolbox пакеті вейвлет талдауын жүргізудің қуатты құралдарының бірі болып табылады. Бұл пакет пайдаланушыға графикалық интерфейсті пайдаланып сигналдарды өңдеуге, талдауға және сығуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, Wavelet Toolbox үздіксіз және дискретті вейвлет түрлендірулерін орындау, сигналдар мен кескіндерді шудан тазарту функцияларын, сондай-ақ деректерді сығу құралдарын қамтиды. Бұл мүмкіндіктер ғылыми зерттеулер мен инженерлік мәселелерді тиімді шешуге жағдай жасайды.

Бұл зерттеу жұмысында сигналды сығуға арналған бағдарламалық жасақтама жасалды және оның нәтижелері қарастырылды. Бағдарлама сигналды компоненттерге бөлуге және олардың әрқайсысын бөлек өңдеуге мүмкіндік береді. Артық немесе маңызды емес компоненттерді жою арқылы сигнал құрылымы сығымдалады, нәтижесінде файл өлшемі айтарлықтай азаяды. Тәжірибелер көрсеткендей, бұл тәсіл ақпараттың негізгі сапалық көрсеткіштерін сақтай отырып, сигнал өлшемін шамамен үш есеге азайтуға мүмкіндік береді.

Ақпараттық-телекоммуникациялық технологиялардың қарқынды дамуы сандық сигналдарды өңдеу саласындағы жетістіктермен тығыз байланысты. Бұл жетістіктер ақпаратты қабылдау, өңдеу және беру процестерін оңтайландыруға мүмкіндік береді. Байланыс арналары арқылы деректерді беру кезіндегі негізгі міндеттердің бірі-ақпаратты мүмкіндігінше аз бұрмалаумен сығу және содан кейін оны дәл қалпына келтіру. Осыған байланысты соңғы жылдары тиімді сығымдау алгоритмдерін әзірлеуге қызығушылық артып келеді.

Жалпы, деректерді сығымдау технологияларын пайдалану көп көлемде ақпаратты сақтау кезінде жад ресурстарын үнемдеуге, сондай-ақ байланыс жүйелерінде берілетін деректер көлемін азайтуға мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде файлдардың өлшемін азайтады және оларды өткізу қабілеті шектеулі арналар арқылы жылдамырақ беруге мүмкіндік береді. Сондықтан ақпаратты сығымдау әдістерін жетілдіру қазіргі заманғы телекоммуникация саласының ең маңызды бағыттарының бірі болып табылады.

Әдістер мен материалдар.

Ақпаратты қысу үшін көптеген әр түрлі тәсілдері мен алгоритмдері бар (Imanbekova et al., 2021). Шығынсыз тәсілдер декомпрессиядан кейінгі бастапқы сигналдың ешқандай да бір бұрмалаусыз толық қалпына келуін қамтамасыз етеді.

Бұл кезде, шығыны бар қысу тәсілдері қалпына келген сигналдардың шамалы ауытқуларын жібереді. Бұндай алгоритмдер неғұрлым маңызды емес болып



саналатын мәліметтің жойылған бөлігінің есебінен қысудың жоғарғы дәрежесіне қол жеткізеді. Әдетте, олар шығынсыз тәсілдермен салыстырғанда жоғары тиімділігімен қамтамасыз етеді. Қысу алгоритмінің негізгі сипаттамасы болып қысу коэффициенті табылады, ол бастапқы (қысылмаған) мәліметтердің көлемінің қысылған мәліметтердің көлеміне қатынасымен анықталады:

$$k = \frac{S_0}{S_c} \quad (1)$$

k – қысу коэффициенті;

S_0 – қысылмаған мәліметтердің өлшемі;

S_c – қысылған мәліметтердің өлшемі.

Қысу коэффициентінің мәні неғұрлым үлкен болған сайын, қолданып жатқан алгоритмнің тиімділігі соғұрлым жоғары болып саналады. Соңғы уақыттарда, ақпаратты қысуға байланысты тапсырмалардың шешімім кезінде вейвлет-түрлендіргіші негізіндегі амалдары жиі қолданылып жатыр. Қысудың классикалық алгоритмдерінің арасынан Хаара түрлендіргішін, Хаффман кодтауын, Добеши вейвлеттерін сызып айтуға болады. Қысудың сипаттамаларының айтарлықтай жақсаруы компрессияның жоғары деңгейіне ие арифметикалық кодталудың тәсілін көрсетеді (Daubechies et al., 2001).

Дискретті вейвлет-түрлендіргіштердің заманауи іске асыру анализі оны шартты түрде екі негізгі категорияға мүмкіндік береді: бағдарламалық және бағдарламалық-аппараттық құралдар. Қарастырылып отырған зерттеулердегі дискретті-вейвлет-түрлендіргіштердің бағдарламалық жүзеге асырулары MATLAB ортасында қарастырылады.

Жалпы айтқанда, дискретті вейвлет-түрлендіргішті қолданатын бағдарламалық қамтамасыз етуді өндіруді келесідей құрылым түрінде көрсетуге болады:

1. Қойылған тапсырманың контекстінде сигналдардың сипаттамасының алғашқы берілгендерін жинау мен оны талдау;

2. компьютерлік математика жүйесіндегі вейвлет-түрлендіргішінің кітапханасын қолдану арқылы мәліметтерді алдын ала өңдеу, вейвлеттің сәйкес түрін және бөліну деңгейін таңдау;

3. Бөліну деңгейін анықтау және алынған коэффициенттердің өңдеу алгоритмін таңдау;

4. Таңдалған бағдарламалау тілінің ерекшеліктерін есепке ала отырып дискретті вейвлет-түрлендіргіштің алгоритмін бағдарламалық жүзеге асыру.

Мәліметтерді қысу мен қысу алгоритмін зерттеу кезінде өңдеу алгоритмінің жалпы жұмыс принципі тұжырымдалған. 1-ші суретте көрсетілгендей, вейвлет-түрлендіргіш үшін келесі кезендерін қосатын өзгертілген алгоритм ұсынылған:



Сур. 1. Вейвлет-түрлендіргіш негізіндегі мәліметтерді қысу алгоритмінің блок-схемасы

Бірінші кезеңде қысылуға кететін файлдың импорты жүзеге асырылады. Ары қарай бөліну деңгейі мен сәйкес келетін вейвлет түріне таңдау жүргізіледі, соның негізінде сигналдың вейвлет-ыдырауы орындалады. Үшінші кезеңде сигналдың компоненттерге бөлінуі орындалады, ол ары қарай тиімді қысуды жүргізуге мүмкіндік береді (Mallat et al., 2008). Одан кейін сигналдың көлемінің кішіреюі мен қысу кезінде пайда болатын мүмкін бұрмалауларды жою жүзеге асырылады. Соңғы кезең қысылған күйіндегі файлды сақтау болып табылады.

Нәтижелер және оларды талқылау.

Әзірленген бағдарламалық қамтамасыз ету әр түрлі вейвлет типтерін пайдаланумен аудиосигналды компоненттерге бөлу функциясына ие. Вейвлет-ыдыратуды орындағаннан кейін ұсақ бөлшектерді басу жүргізіледі, бұл сигналдың сапасын төмендетпей артық ақпаратты жоюға мүмкіндік береді (Тропченко et al., 2009) Әзірленген алгоритмді пайдалану нәтижесінде қабылданатын сапасын сақтай отырып аудиофайлдарды тиімді қысуға қол жеткізе аламыз. Қысылған файлдар сақталатын мәліметтердің көлемін қысқарта отырып ары қарай қолайлы қолдануға болатындай

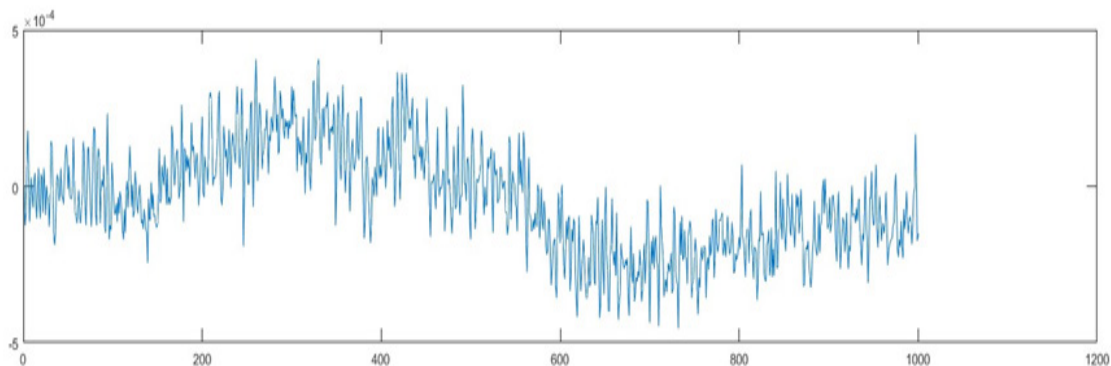
етіп аудиосипаттамаларды сақтайды.

1-ші кестеде өлшемі 427 892 байт болатын аудиофайлды бөлу деңгейінің өзгеруі кезіндегі әр түрлі вейвлеттерді пайдалану арқылы қысу нәтижесі келтірілген. Келтірілген мәліметтер вейвлеттің түрі мен бөлу тереңдігінің қысу тиімділігіне әсерін бағалауға мүмкіндік береді.

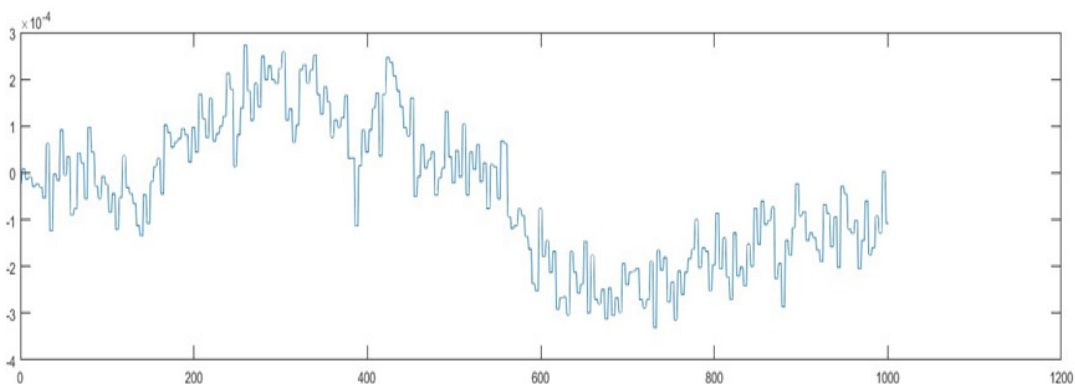
Кесте 1 – Тесттік аудиофайлдың қысылу нәтижесі

Вейвлеттің атауы	n = 2 кезіндегі өлшемі, байт	n = 3 кезіндегі өлшемі, байт	n=2 кезіндегі қысу коэффициенті	n=3 кезіндегі қысу коэффициенті
Haar	262911	263124	1.63	1.62
DB4	210109	176624	2.03	2.43
DB20	144564	87237	2.94	4.92
Sym8	181656	135779	2.35	3.15
Dmey	135778	77028	3.15	5.56
Coif5	169668	116654	2.52	3.66
Fk22	187853	135249	2.28	3.17

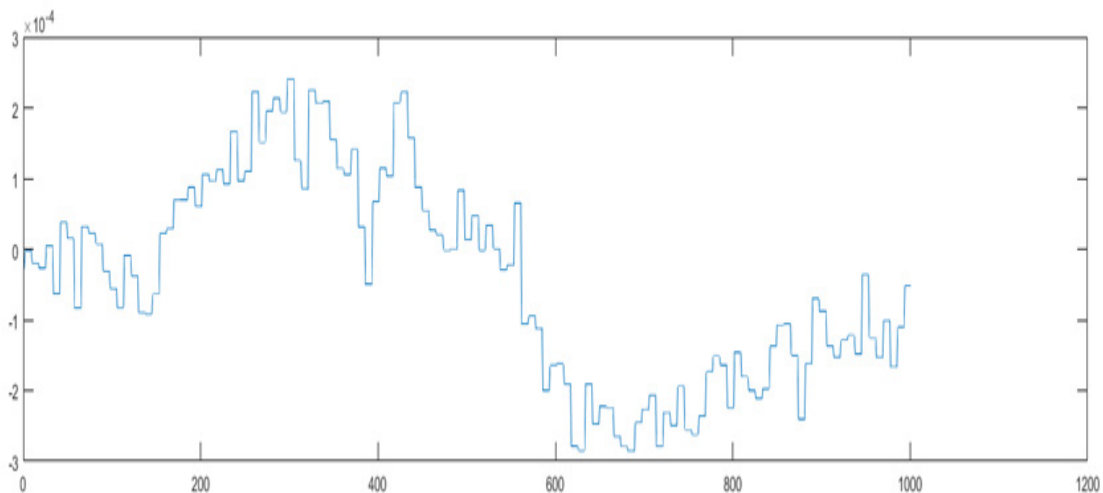
Сур. 2–6 бастапқы аудиосигналдарды n бөліну кезінде әр түрлі деңгейде қысу мысалдары көрсетілген.



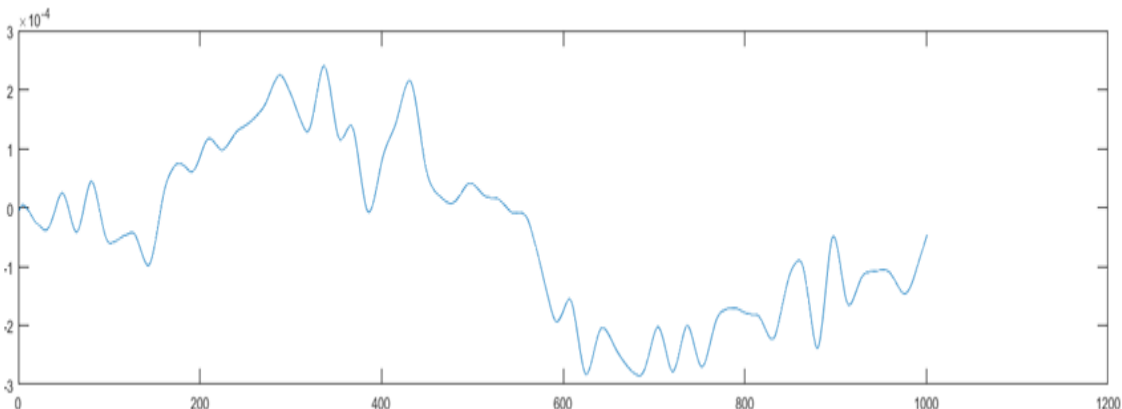
Сур. 2. Бастапқы сигнал



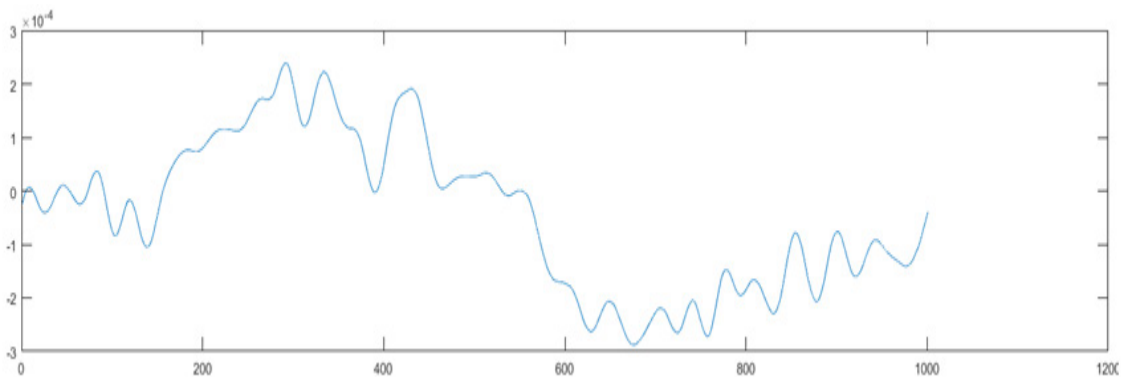
Сур. 3. Хаара вейвлетінің функциясын талдайтын n=2, $\alpha=5$ кезіндегі қысу



Сур. 4. Хаара вейвлетінің функциясын талдайтын $n=3$, $\alpha=5$ кезіндегі қысу



Сур. 5. Сум 8 вейвлетінің функциясын талдайтын $n=4$, $\alpha=5$ кезіндегі қысу.



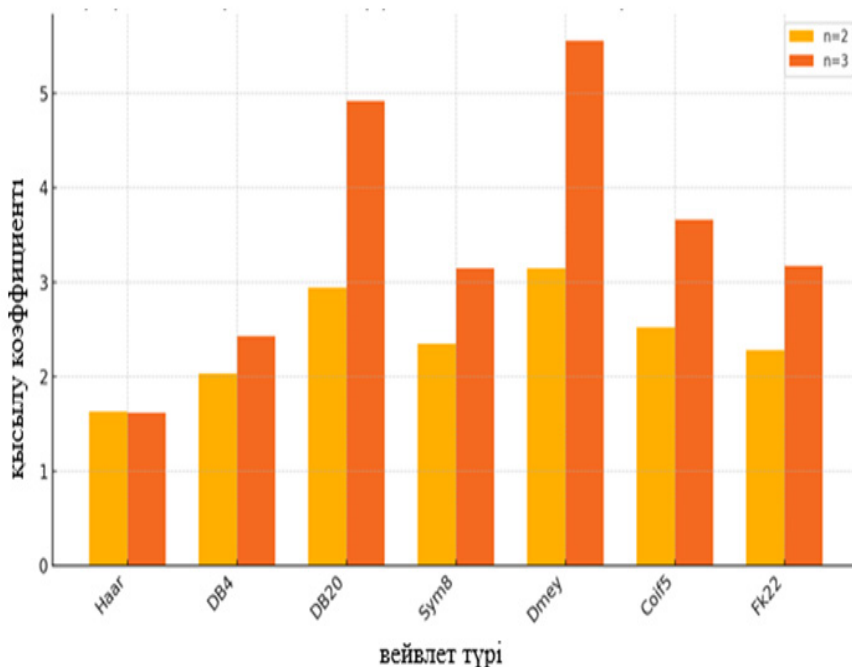
Сур. 6. fk 22 вейвлетінің функциясын талдайтын $n=4$, $\alpha=5$ кезіндегі қысу

Келтірілген нәтижелерден қысудың тиімділігі пайдаланған вейвлеттің түрі-

нен де, таңдалған бөлу деңгейінен де тәуелді екендігі көрініп тұр. $n=3n = 3n=3$ бөліну деңгейі кезінде қысудың ең тиімді коэффициенті болып Dmey (5.56) и DB20 (4.92) вейвлеті екендігі көрінді, бұл олардың қолайлы сапаны сақтай отырып, аудиосигналын қысу тапсырмаларына жоғары жарамдылығын көрсетеді.

Наар вейвлеті өзінің қарапайымдылығына қарамастан, келтірілген вейвлеттердің арасында ең төмен қысу коэффициентін көрсетіп тұр, бұл қараслырылып отырған тапсырмалардың ішінде ең тиімсізі болып табылды.

Осылайша, қысылу деңгейі мен қайта қалпына келтірілген аудиосигналдың арасындағы компромисіне келу вейвлет мен бөліну деңгейін таңдаудағы маңызды рөлін атқарады.



Сур. 7. Әр түрлі вейвлеттері үшін қысылу коэффициенттерін графикалық салыстыру

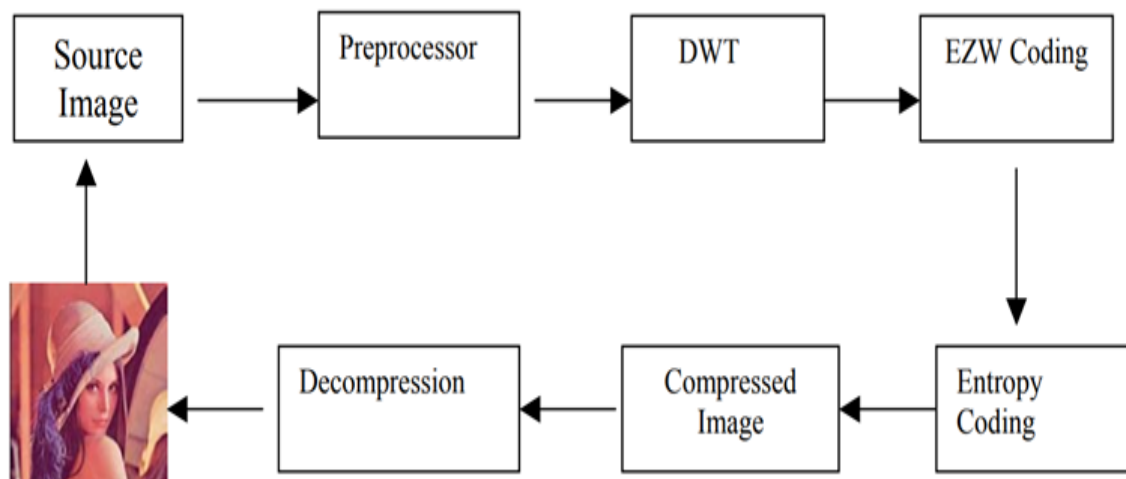
Жоғарыда $n=2$ и $n=3$ бөлу деңгейі кезінде әр түрлі вейвлеттері үшін қысылу коэффициенттерінің графикалық салыстырылуы көрсетілген. Бұл вейвлет түрі мен бөлу деңгейіне байланысты қысу тиімділігі қалай өзгертіндігін анық көрсетіп тұр.

Вейвлет-түрлендіргіш арқылы мәліметтерді қысу

Вейвлет-әдістерін салыстыру үшін C++ тілінде жазылған және MinImage деп аталатын бағдарламалық құрал қолданылды. Бұл бағдарлама бастапқыда тек бір түрдегі вейвлетті тексеру мақсатында жасалған болатын. Кейін қосымша функциялар енгізіліп, басқа вейвлет түрлерін қолдау мүмкіндігі қосылды, сонымен қатар EZW-кодтау алгоритмі іске асырылып, сөндіру тиімділігін арттыруға мүмкіндік берді. Осы тарауда біз MinImage бағдарламасының кейбір жүзеге асырылу ерекшеліктерін қарастырамыз.

MinImage вейвлет-кескін компрессоры (Сур. 8 қараңыз) 24 биттік және 8 биттік сұр түсті суреттерді қысуға арналған. Бастапқыда бағдарлама Хаар вейвлетін қолдана отырып, диапазон асты кодтау үшін жасалған болатын. Түрлі вейвлеттерді салыстыру үшін Daubechies және биортогональды сплайн-вейвлеттер сияқты басқа түрлері де енгізілді. Сонымен қатар, бастапқы диапазон асты кодтау EZW-кодтауға ауыстырылып, қысу нәтижелерін жақсарту мүмкіндігі қосылды.

MinImage бағдарламасының маңызды ерекшелігі-сілтеме арқылы қысу параметрлерін өзгерту арқылы әртүрлі қысу дәрежелері мен сурет сапасын алуға мүмкіндік беруі. Пайдаланушы файл көлемін немесе сурет сапасын таңдауға болады. Сонымен қатар, әртүрлі суреттерге әртүрлі вейвлеттерді қолдану арқылы ең тиімді қысу нәтижелеріне жетуге болады.



Сур. 8. Қысудың негізгі сұлбасы

MATLAB ортасында вейвлет-түрлендіргіштің негізінде кескінді қысу

Дискретті вейвлет-түрлендіргішті пайдалану кезінде бөлінудің деңгейін кеңейту сигналдың неғұрлым тиімді қысылуына көмектеседі (Mallat, 1989; Daubechies, 1992). Бұл әр ыдыратудың келесі деңгейінде сигналдың ұсақ бөлшектері одан ары ұсақ болып бөлінетіндігімен түсіндіріледі, олардың айтарлықтай бөлігін визуалдық немесе аудиолық сапасын жоғалтпай алып тастауға болады.

Зерттеуді жалғастыру кезінде *MATLAB* ортасында екі өлшемді сигнал-кескінді қысу үрдісі жүргізілді. Тесттік файл ретінде өлшемі 686 732 байттық кескін пайдаланылды.

MATLAB ортасында кескінді қысу үрдісі келесідей негізгі кезеңдерден өтеді:

1. Бастапқы кескінді жүктеу;
2. Кескінді вейвлет-түрлендіргіштің операцияларымен сәйкес келетін форматқа түрлендіру (мысалы, сұр түстеріне түрлендіру);
3. Берілген бөлу деңгейінде дискретті вейвлет-түрлендіруінің орындалуы;

4. Кесіндінің қорытынды сапасына әсері төмен коэффициенттерді жою;
5. Өзгертілген коэффициенттердің негізінде кескіндерді қалпына келтіру;
6. Алынған қысылған кесіндіні сақтау мен қысу тиімділігін бағалау.

Берілген іске асыру вейвлет-түрлендіргіштің тек қана аудиосигналдар үшін ғана емес, сонымен қатар, кескін сияқты екі өлшемді мәліметтер үшін де қолданылу мүмкіндігі расталды. Алынған нәтижелер бөлудің оптималды параметрлерін және вейвлеттің сәйкес түрін таңдау кезінде ең тиімді тәсілге көрсетеді. Вейвлет-талдау негізінде ақпаратты қысуға арналған арнайы әзірленген алгоритмге сүйене отырып, статикалық кескіндерді (2D сигналдарды) қысуға мүмкіндік беретін бағдарлама жасалды (Сур. 9 қараңыз).

```

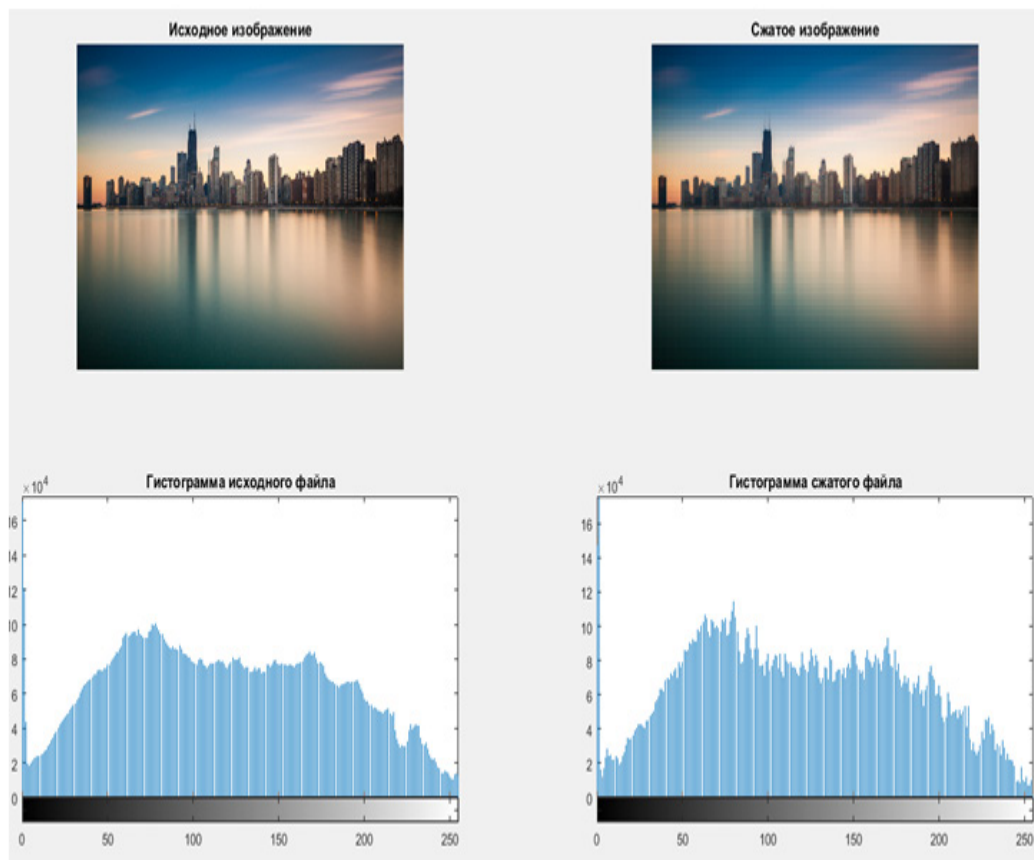
1 - clear;
2 - close all;
3 - clc;
4 - % Загрузка файла
5 - file = 'mount.jpg';
6 - X=imread(file);
7 - % n: уровень сжатия, wname: имя вейвлета
8 - n = 6;
9 - wname = 'haar';
10 - x = double(X);
11 - % Вейвлет-разложение изображения
12 - [c,s] = wavedec2(x,n,wname);
13 - % Алгоритм выбора коэффициента шумоподавления
14 - alpha = 1.1; m = 10*prod(s(1,:));
15 - [thr,nkeep] = wdcbm2(c,s,alpha,m);
16 - % Сжатие изображения
17 - [xd,cxd,sxd,perf0,perf12] = wdencomp('lvd',c,s,wname,n,thr,'s');
18 - disp('Соотношение сжатия');
19 - disp(perf0);
20 - xc = uint8(xd);
21 - % Восстановление сигнала
22 - R = waverec2(c,s,wname);
23 - rc = uint8(R);
24 - x = uint8(x);
25 - % Построение изображений
26 - figure;
27 - subplot(221), imshow(x);
28 - title('Исходное изображение');
29 - subplot(222), imshow(xc);
30 - title('Сжатое изображение');
31 - subplot(223), imhist(x);
32 - title('Гистограмма исходного файла');
33 - subplot(224), imhist(xc);
34 - title('Гистограмма сжатого файла');
35

```

Сур. 9. 2D кескінін қысуға арналған бағдарламаның скрипті

Бағдарлама кескінді құрамдас бөліктерге жіктеу мүмкіндігіне ие және көп-

теген вейвлет түрлерімен жұмыс істейді. Құрамдас бөліктерге ажыратқаннан кейін бағдарлама суреттегі немесе фотодағы артық детальдарды тегістейді (Сур. 9), соның нәтижесінде қажетсіз ақпарат жойылып, шығыста көлемі шамамен 2,5 есе қысқартылған файл алынады.



Сур. 9. Фотосуретті қысу мысалы

Алынған мәліметтер бөліну деңгейінің ұлғаюы қорытынды файлдың өлшемінің айтарлықтай қысқаруына әкелетінін дәлелдейді. Неғұрлым байқалатын әсер Haar, Bior1.1 и Rbio1.1 вейвлеттерінде көрінеді, бұл жерде $n=5n=5n=5$ бөліну деңгейінде бастапқы файлдың өлшеміне қарағанда 2,5 есе ден астам азаяды. Db40, Fk22 және Sym8 сияқты күрделі вейвлеттері көлемнің азырақ айқын төмендеуін көрсетеді, бұл терең бөліну кезінде құрылымдық ақпараттың көп бөлігін сақтаумен байланысты болуы мүмкін. Дегенімен, бұндай жағдай болғанның өзінде де кескіннің визуалды қабылдауды жоғалтпай қысуға қол жеткізуге болады.

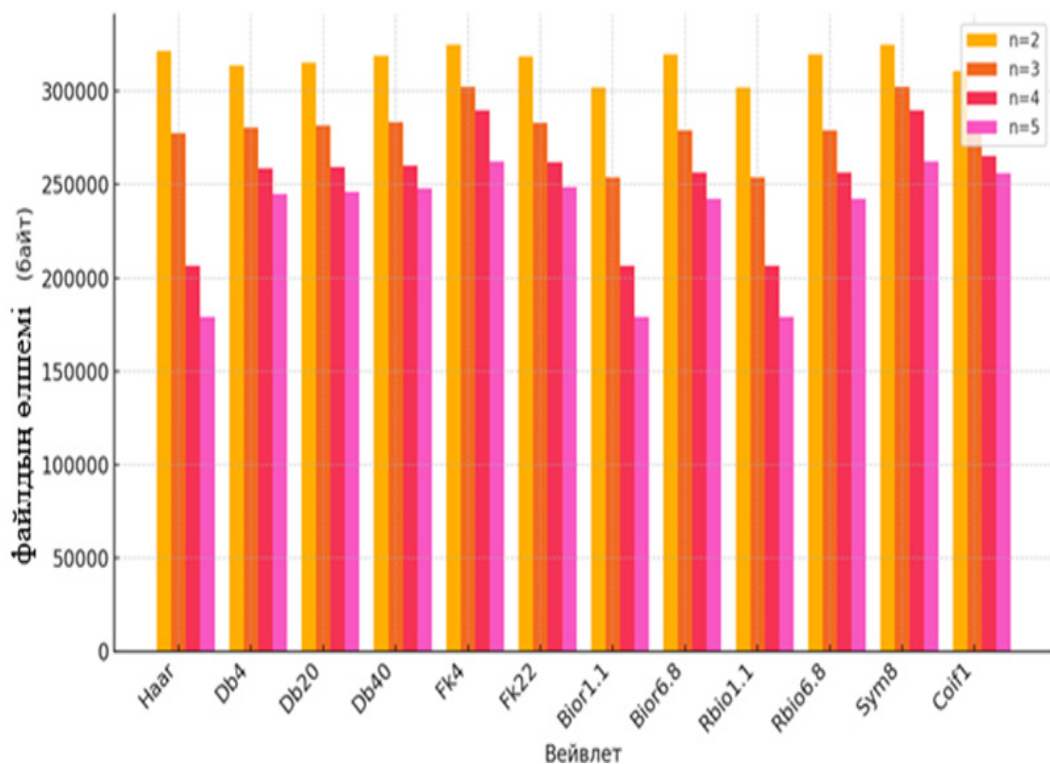
Демек, 2D-сигналдардың вейвлет-қысудың алгоритмінің тиімділігі тікелей вейвлет пен бөлудің тереңдігіне тәуелді. Симметриялық құрылымы бар қарапайым вейвлеттертер (мысалы, Haar, Bior1.1) қысудың жоғары деңгейін қамтамасыз етуі мүмкін. Бұ өз кезегінде оларды мәліметтерді сақтау көлемінің шектеулері маңызды

болатын тапсырмалар үшін қолайлы етеді.

Кескінді қысуды нәтижелері төмендегі кестеге енгізілген (2-ші кесте).

Кесте 2 – 2D кескінді бөлу деңгейінің әр түрлі параметрлерімен қысу нәтижесі

Вейвлет аталуы	n = 2 кезіндегі өлшемі, байт	n = 3 кезіндегі өлшемі, байт	n = 4 кезіндегі өлшемі, байт	n = 5 кезіндегі өлшемі, байт
Haar	321739	277726	206405	179253
Db4	313929	280484	258686	244978
Db20	315488	281613	259534	246237
Db40	319145	283429	260340	248120
Fk4	324840	302233	289699	262432
Fk22	318657	282986	261870	248844
Bior1.1	301907	253795	206405	179253
Bior6.8	319651	279053	256525	242259
Rbio1.1	301907	253795	206405	179253
Rbio6.8	319651	279053	256525	242259
Sym8	324840	302233	289699	262432
Coif1	310995	280177	265217	256053



Сур. 10. Әр түрлі қысу деңгейіндегі 2D кескінін қысуын салыстыру

10-шы суретте әр вейвлет үшін бөлудің әр түрлі деңгейін қолданумен 2D-кескіннің қысылуының графикалық салыстырылуы көрсетілген. Графиктен бөлу деңгейі үлкейген сайын файлдың өлшемі өзгеретіні көрініп тұр, ол өз кезегінде вейвлеттердің әр түрлі типтері үшін қысудың тиімділігін көрсетіп тұр.

Кескіндерді қысу алгоритмдерінің тиімділігін анықтау мақсатында кескін сапасын сипаттайтын бірқатар сандық көрсеткіштер пайдаланылды. Аталған метрикалар қысылған кескін мен бастапқы кескін арасындағы айырмашылық деңгейін бағалауға мүмкіндік береді. Практикада жиі қолданылатын негізгі көрсеткіштер қатарына орташа квадраттық қате (MSE-Mean Square Error), сигнал мен шудың шыңдық қатынасы (PSNR-Peak Signal-to-Noise Ratio) және құрылымдық ұқсастық индексі (SSIM-Structural Similarity Index) жатады.

MSE көрсеткіші бастапқы кескін мен қайта қалпына келтірілген кескін арасындағы пиксельдік айырмашылықтардың орташа квадраттық мәнін сипаттайды (Wang et al., 2004). Бұл көрсеткіштің мәні неғұрлым төмен болған сайын, сығылған кескіннің сапасы соғұрлым жоғары деп бағаланады, яғни бастапқы ақпараттың бұрмалануы аз болады.

PSNR параметрі сигнал мен шудың арақатынасын сипаттай отырып, қысу нәтижесінде алынған кескін сапасының деңгейін анықтайды (Kumar et al., 2022). Бұл көрсеткіштің мәні жоғары болған жағдайда кескін сапасының жақсы сақталғанын білдіреді. Әдетте 30–40 dB диапазонындағы мәндер қанағаттанарлық және жоғары сапаны көрсетеді.

SSIM индексі екі кескіннің құрылымдық ұқсастық дәрежесін бағалауға арналған. Оның мәні -1 мен 1 аралығында өзгереді, мұндағы 1 мәні кескіндердің толық сәйкес келетінін көрсетеді. Бұл көрсеткіш визуалды қабылдауға жақын бағалау жүргізуге мүмкіндік береді.

MSE көрсеткішін есептеу келесі өрнек арқылы жүзеге асырылады:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I(i, j) - K(i, j))^2 \quad (2)$$

Ал PSNR мәні төмендегі формула бойынша анықталады:

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX^2}{MSE} \right) \quad (3)$$

Кестеде көрсетілген нәтижелерге сәйкес, вейвлет-түрлендіру негізінде құрылған қысу алгоритмі кескін сапасын айтарлықтай деңгейде сақтай отырып, деректер көлемін тиімді түрде азайтуға мүмкіндік береді. Әсіресе Symlet және Daubechies вейвлеттері жоғары сапа көрсеткіштерімен ерекшеленеді.

3-ші кестеде әртүрлі вейвлет түрлерін қолдану арқылы алынған кескіндерді қысу нәтижелерінің сапа көрсеткіштері берілген.

Кесте 3 – Кескінді қысу нәтижелерінің сапа көрсеткіштері

Вейвлет түрі	Қысу коэффициенті	PSNR (dB)	SSIM	MSE
Haar	3.8	34.5	0.92	8.21
Daubechies	4.2	35.7	0.94	7.04
Symlet	4.5	36.3	0.95	6.62

Қорытынды.

1. *Вейвлет-түрлендіргішті пайдалану арқылы мәліметтерді қысу тиімділігі:* Бұл мақалада қарастырылған аудиосигналдар мен кескіндерді қысуға арналған вейвлет-түрлендіргіштерді пайдалану жоғары тиімді тәсіл болып табылатындығын растады.

2. *Вейвлет түрінің қысу тиімділігіне әсері:* Мақалада қысудың тиімділігі сигналды түрлендіруге арналған вейвлеттің түріне тәуелді екендігі көрсетілген. Dmey және DB20 вейвлеттері (5.56 мен 4.92 сәйкес) аудиосигналдарды қысу кезінде ең жоғары коэффициенттерді көрсетті, бұл оларды сапасын сақтай отырып қысу тапсырмасы үшін қолайлы етеді. Бұл кезде Haar вейвлеті өзінің қарапайымдылығына қарамастан, қысу контекстінде ең тиімсізі болып шықты.

3. *Бөлу деңгейінен қысу коэффициентінің тәуелділігі:* Бөлу деңгейі қысудың тиімділігіне айтарлықтай әсерін тигізеді. Бөліну деңгейі жоғары болған сайын, сигналдың сапасын төмендетпей көбірек мәліметтерді өшіруге болады. Аудиосигналдар үшін ең үлкен қысу коэффициенті $n=3$ бөлу деңгейі кезінде, ал кескін үшін – $n=5$ кезінде болды.

4. *MATLAB ортасында іске асыру бағдарламасы:* MATLAB ортасында дискретті вейвлет-түрлендіргішін жүзеге асыратын алгоритмін қамтамасыз ететін әзірленген бағдарламалық қамтамасыз ету аудиосигналдарды да, кескіндерді де өңдеудің жоғары қабілеті мен функционалдылығын көрсетеді.

5. *Әртүрлі мәліметтер үшін вейвлетті таңдау бойынша ұсыныстар:* Аудиосигналдар үшін ең тиімді болып Dmey және DB20 вейвлеттері табылады, ал кескіндер үшін Haar мен Bior1.1 вейвлеттерін таңдаған жөн, себебі олар визуалды сапасын сақтай отырып қысудың жоғары коэффициентін қамтамасыз етеді.

6. *Зерттеудің тәжірибелік құндылығы:* Вейвлет-түрлендіргішті пайдаланумен әзірленген қысу алгоритмі мәліметтерді шынайы сақтау мен жіберу жүйелерінде қолданылуы мүмкін, мысалы, мультимедианы басқару жүйелері, аудио және кескін файлдарын мұрағаттау және сапаны жоғалтпай деректер көлемін азайту маңызды ресурс шектеулі қолданбаларда.

Жалпы алғанда, вейвлет-түрлендіру негізіндегі қысу алгоритмдері ақпараттың негізгі құрылымдық элементтерін сақтай отырып, деректер көлемін айтарлықтай азайтуға мүмкіндік беретіні анықталды. Бұл әдіс әсіресе үлкен көлемдегі мультимедиялық мәліметтермен жұмыс істейтін жүйелер үшін тиімді болып табылады.

Зерттеудің ғылыми маңыздылығы–вейвлеттік талдаудың мәліметтерді қысу

саласындағы теориялық және қолданбалы мүмкіндіктерін кешенді түрде қарастыруында. Ал практикалық маңыздылығы – ұсынылған алгоритмдерді нақты жүйелерде, атап айтқанда телекоммуникациялық желілерде, бұлттық сақтау жүйелерінде, мультимедиялық деректерді өңдеу және архивтеу жүйелерінде қолдануға болатындығында.

Қорытындылай келе, ұсынылған әдістер мен алгоритмдер ақпаратты тиімді қысу, сақтау және тасымалдау мәселелерін шешуде маңызды құрал болып табылады. Болашақта бұл бағыттағы зерттеулерді жетілдіру, әсіресе адаптивті вейвлет әдістерін енгізу және жасанды интеллект негізіндегі қысу алгоритмдерімен біріктіру, зерттеу нәтижелерін одан әрі дамытуға мүмкіндік береді.

REFERENCES

- Chen L., Zhao Y. (2024). Towards Robust Text-Guided Image Compression Under Modality Missing. *IEEE Transactions on Multimedia*. — Vol. 26. — Pp. 4937-4952. DOI: <https://doi.org/10.1109/TMM.2024.3364231>. [in Eng.].
- Daubechies, I. (2001). *Desyat' lektiy po veyvletam [Ten Lectures on Wavelets]* (E.V. Mishchenko, Trans.; A.P. Petukhov, Ed.). —M.: RKhD. (In Russ.). Pp. 464. ISBN 5-93972-044-7. [in Russ.].
- Egorova E.V., Aksyaitov M.Kh., Rybakov A.N. (2019). Methods for Improving the Efficiency of Wavelet Transformations in Processing, Compression and Restoration of Radio Signals: A Monograph. – Tambov: Ucom, 84 pages. (A research monograph on practical improvements in wavelet applications for radio signals.) [in Russ.].
- Graps A. (1995). An Introduction to Wavelets//*IEEE Computational Science and Engineering*. — Vol. 2. — No. 2. Pp. 50–61. DOI: <https://doi.org/10.1109/99.388960> [in Eng.].
- Imanbekova T.D., Zhaksylyk A., Kozlov I.A. (2021). Application of wavelet transformation for information compression // *QazBSQA Bulletin. Humanities and natural sciences. Economy*. — Vol. 1. — No. 79. DOI: <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2021.1-42> [in Russ.].
- Kumar R., Singh S. (2023). Hybrid Approach for Image Denoising using Deep Learning and Traditional Metrics // *Multimedia Tools and Applications (Springer)*. Pp. 145–158. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11042-023-14456-w>. [in Eng.].
- Li X., Chen M. (2021). Hybrid image compression algorithm based on SPIHT and DWT, *Digital Signal Processing*. — Vol. 112. — Article 103001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2021.103001> . [in Eng.].
- Mallat S. (2008). *A Wavelet Tour of Signal Processing*. – Elsevier, 3rd Edition. Pp. 832. [in Eng.].
- Mallat, S. G. (1989). A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. — Vol. 11. — No. 7. Pp. 674–693. DOI: <https://doi.org/10.1109/34.192463> . [in Eng.].
- Tropchenko A.Yu., Tropchenko A.A. Tropchenko, A. Yu., & Tropchenko, A. A. (2009). *Metody szhatiya izobrazheniy, audiosignalov i video: uchebnoe posobie [Image, audio and video compression methods: a textbook]*. — Saint Petersburg: SPbGU ITMO. Pp. 108. [in Russ.].
- Wang Z., Bovik A. (2004). Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity // *IEEE Transactions on Image Processing*. — Vol. 13. — No. 4. Pp. 600–612. DOI: <https://doi.org/10.1109/TIP.2003.819861> [in Eng.].
- Zhang Y., Li H. (2023). An Improved Image Compression Algorithm Based on Integer Wavelet Transform and Context-Based Arithmetic Coding // *IEEE Access*. — Vol. 11. — Pp. 12485–12497. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3242031> [in Eng.].



**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ
ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Собственник:

АО «Международный университет информационных
технологий» (Казахстан, Алматы)

Главный редактор:

Колесникова Катерина Викторовна

Ответственный редактор:

Мрзабаева Раушан Жалиевна

Компьютерная верстка:

Калабай Замзагуль Ертугановна

Сайт журнала: <https://journal.iitu.edu.kz>

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Подписано в печать 30.06.2026.

050040 г. Алматы, ул. Манаса 34/1, каб. 709, тел: +7 (727) 244-51-09).