

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



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»
ЧФ «Халық»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN
«Halyk» Private Foundation

SERIES
PHYSICS AND INFORMATION TECHNOLOGY

4 (348)

OCTOBER – DECEMBER 2023

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963
PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK



ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халық». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халық» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халық» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в *Astana IT University*, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «*USTEM Robotics*» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халық» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «*Almaty Digital Ustaz*».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и Wos и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,
Благотворительный Фонд «Халык»!**

БАС РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

МАМЫРБАЕВ Өркен Жұмажанұлы, ақпараттық жүйелер мамандығы бойынша философия докторы (Ph.D), ҚР БҒМ Ғылым комитеті «Ақпараттық және есептеуші технологиялар институты» РМК жауапты хатшысы (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

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

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

БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=10**

QUEVEDO Nemando, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), **Н=28**

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

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

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан), **Н=26**

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

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

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=10**

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=12**

КАЛАНДРА Пьетро, Ph.D (физика), Нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), **Н=26**

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика және 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 және ақпараттық коммуникациялық технологиялар сериясы*. Қазіргі уақытта: *«ақпараттық технологиялар» бағыты бойынша ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған журналдар тізіміне енді.*

Мерзімділігі: *жылына 4 рет.*

Тиражы: *300 дана.*

Редакцияның мекен-жайы: *050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19*
<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

МАМЫРБАЕВ Оркен Жумажанович, доктор философии (PhD) по специальности Информационные системы, ответственный секретарь РГП «Института информационных и вычислительных технологий» Комитета науки МОН РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), **Н=7**

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

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

БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=10**

QUEVEDO Hemando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), **Н=28**

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=7**

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

РАМАЗАНОВ Тлексабул Сабитович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, проректор по научно-инновационной деятельности, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=26**

ТАКИБАЕВ Нурғали Жабағевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=5**

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

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстанско-Британский технический университет (Алматы, Казахстан), **Н=10**

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, доктор физико-математических наук, профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=12**

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), **Н=26**

«Известия НАН РК. Серия физика и 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 и информационные коммуникационные технологии.* 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. 219, тел.: 272-13-19*

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

EDITOR IN CHIEF:

MUTANOV Galimkair Mutanovich, doctor of technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, acting director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H=5**

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

MAMYRBAYEV Orken Zhumazhanovich, Ph.D. in the specialty "Information systems, executive secretary of the RSE "Institute of Information and Computational Technologies", Committee of Science MES RK (Almaty, Kazakhstan) **H=5**

EDITORIAL BOARD:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), **H=7**

BAYGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabayevich, 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 Phys.-Math. Sciences, Professor, Lublin University of Technology (Lublin, Poland), **H=23**

BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=10**

QUEVEDO Hemando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), **H=28**

ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=7**

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine), **H=5**

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Vice-Rector for Scientific and Innovative Activity, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=26**

TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=5**

TIGHINEANU Ion Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), **H=42**

KHARIN Stanislav Nikolayevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), **H=10**

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=12**

CALANDRA Pietro, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy), **H=26**

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

Series of physics and 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-ЖК**, issued 14.02.2018
Thematic scope: *series physics and information technology.*

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. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19*

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

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

ISSN 1991-346X

Volume 4. Number 348 (2023). 7–20

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.215>

© **G.B. Abdikerimova¹, R.M. Amanov^{1*}, G.T. Azieva²,
A.M. Zamanbekova³, K. Zhengskankyzy³, 2023**

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan;

²ESIL University, Astana, Kazakhstan;

³Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University,
Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

E-mail: rauanamanov17@gmail.com

COMPARATIVE ANALYSIS OF SOUND PROCESSING METHODS IN THE CHORD RECOGNITION PROBLEM USING MACHINE LEARNING

Abdikerimova Gulzira — Researcher-teacher of the Department of Information Systems of the Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan

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

Amanov Rauan — Master's student of the L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: rauanamanov17@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-2275-3148>;

Azieva Gulmira — Senior Lecturer, Department of Information Systems and Technologies, Esil University, Astana, Kazakhstan

E-mail: gulmira_azieva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7329-6768>;

Zamanbekova Aigerim — Lecturer of the Department of Computer Modeling and Information Technologies, East Kazakhstan University named after Sarsen Amanzholov, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

E-mail: Aygerim_zamanbekova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-5239-467X>;

Zhengskankyzy Kymbat — Lecturer of the Department of Computer Modeling and Information Technologies, East Kazakhstan University named after Sarsen Amanzholov, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

E-mail: Zh_kymbat96@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1226-1569>.

Abstract. This article is a comparative analysis of sound processing methods in the context of chord recognition in musical compositions using machine learning. Both traditional methods, including spectrogram analysis and extraction of mel-cepstral (mel is a unit of pitch based on the perception of this sound by our hearing organs) coefficients, and the latest technologies, such as convolutional and recurrent neural networks, are considered. The paper provides a detailed comparison of the advantages and limitations of each method, as well as assesses their applicability to specific aspects of the chord recognition problem. Approaches to the integration of various methods in order to improve the accuracy of recognition are proposed. The purpose of chord recognition is to determine the basic harmony of a piece of music,

which can be represented as a sequence of chords. Machine learning techniques have been widely used for chord recognition, and various sound processing techniques have been proposed to extract relevant features from audio signals. The obtained results and conclusions can serve as a starting point for further research in the development of effective systems for recognizing musical chords that are widely used in the music industry and audio data processing. Chord recognition is a fundamental task in the search for musical information that has applications in musical composition, performance and analysis.

Keywords: Chord recognition, sound processing, machine learning, comparative analysis, methods

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

© Г.Б. Абдикеримова¹, Р.М. Аманов^{1*}, Г.Т. Азиева², А.М. Заманбекова³,
К. Жеңқанқызы³, 2023

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана, Қазақстан;

²Есіл университеті, Астана, Қазақстан;

³Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті.

E-mail: rauanamanov17@gmail.com

МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, АККОРДТЫ ТАНУ ТАПСЫРМАСЫНДАҒЫ ДЫБЫСТЫ ӨНДЕУ ӘДІСТЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.

Абдикеримова Гульзира Бахытбековна — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының зерттеуші-оқытушысы, Астана, Қазақстан
E-mail: gulzira1981@mail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4953-0737>;

Аманов Рауан Махмутұлы — Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университетінің магистранты, Астана қаласы, Қазақстан

E-mail: rauanamanov17@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-2275-3148>;

Азиева Гульмира Тагибереновна — Есіл университетінің ақпараттық жүйелер және технологиялар кафедрасының аға оқытушысы, Астана, Қазақстан

E-mail: gulmira_azieva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7329-6768>;

Заманбекова Айгерім Манарбекқызы — Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университетінің «Компьютерлік модельдеу және ақпараттық технологиялар» кафедрасының оқытушысы, Өскемен, Қазақстан

E-mail: Aygerim_zamanbekova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-5239-467X>;

Жеңқанқызы Қымбат — Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университетінің «Компьютерлік модельдеу және ақпараттық технологиялар» кафедрасының оқытушысы, Өскемен, Қазақстан

E-mail: Zh_kymbat96@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1226-1569>.

Аннотация. Бұл мақалада машиналық оқытуды қолдана отырып, музыкалық композициялардағы аккордтарды тануға байланысты дыбысты өңдеу әдістерінің салыстырмалы талдауы келтірілген. Дәстүрлі әдістер, соның ішінде спектрограммаларды талдау және мел-кепстралды (*мел-бұл дыбысты есту мүшелеріміздің қабылдауына негізделген дыбыс бірлігі.*) коэффициенті

циенттерін алу және конволюциялық және қайталанатын нейрондық желілер сияқты соңғы технологиялар қарастырылады. Жұмыс әр әдістің артықшылықтары мен кемшіліктерін егжей-тегжейлі салыстырады және оның аккордты тану тапсырмасының белгілі бір аспектілеріне қолданылуын бағалайды. Танудың дәлдігін арттыру үшін әртүрлі әдістерді біріктіру тәсілдері ұсынылған. Аккордтарды танудың мақсаты – аккордтар тізбегі ретінде ұсынылуы мүмкін музыкалық шығарманың негізгі үйлесімділігін анықтау. Машиналық оқыту аккордтарды анықтау үшін кеңінен қолданылады және дыбыстық сигналдардан тиісті сипаттамаларды алу үшін дыбысты өңдеудің әртүрлі әдістері ұсынылды. Нәтижелер мен қорытындылар музыка индустриясында және аудио деректерді өңдеуде кеңінен қолданылатын тиімді аккордты тану жүйелерін әзірлеу бойынша қосымша зерттеулердің бастапқы нүктесі бола алады. Аккордтарды тану-музыкалық композицияда, орындауда және талдауда қолданылатын музыкалық ақпаратты табудың негізгі міндеті.

Түйін сөздер: Аккордты тану, дыбысты өңдеу, машиналық оқыту, салыстырмалы талдау, әдістер

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

© Г.Б. Абдикеримова¹, Р.М. Аманов^{1*}, Г.Т. Азиева²,
А.М. Заманбекова³, К. Женсканкызы³, 2023

¹Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,
Астана, Казахстан;

²Есил университет, Астана, Казахстан;

³Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова,
Усть-Каменогорск, Казахстан.

E-mail: rauanamanov17@gmail.com

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ЗВУКА В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ АККОРДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Абдикеримова Гульзира Бахытбековна — исследователь-преподаватель кафедры Информационных систем Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

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

Аманов Рауан Махмутович — магистрант Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

E-mail: rauanamanov17@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-2275-3148>;

Азиева Гульмира Тагигбергеновна — старший преподаватель кафедры Информационных систем и технологий, Есил университет, Астана, Казахстан

E-mail: gulmira_azieva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7329-6768>;

Заманбекова Айгерим Манарбековна — лектор кафедры Компьютерного моделирования и информационных технологий, Восточно-Казахстанского университета имени Сарсена Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан

E-mail: Aygerim_zamanbekova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-5239-467X>;

Женсканкызы Кымбат — лектор кафедры Компьютерного моделирования и информационных технологий, Восточно-Казахстанского университета имени Сарсена Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан
E-mail: Zh_kymbat96@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1226-1569>.

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ методов обработки звука в контексте распознавания аккордов в музыкальных композициях с использованием машинного обучения. Рассматриваются как традиционные методы, включая анализ спектрограмм и извлечение мел-кепстральных (*мел — единица высоты звука, основанная на восприятии этого звука органами слуха*) коэффициентов, так и новейшие технологии, вроде сверточных и рекуррентных нейронных сетей. В работе проводится подробное сравнение преимуществ и ограничений каждого метода, а также оценивается их применимость к конкретным аспектам задачи распознавания аккордов. Предлагаются подходы к интеграции разнообразных методов с целью повышения точности распознавания. Цель распознавания аккордов — определить основную гармонию музыкального произведения, которая может быть представлена в виде последовательности аккордов. Методы машинного обучения широко использовались для распознавания аккордов, и были предложены различные методы обработки звука для извлечения соответствующих признаков из аудиосигналов. Полученные результаты и выводы могут послужить основой для дальнейших исследований в области разработки эффективных систем распознавания музыкальных аккордов, имеющих широкое применение в музыкальной индустрии и обработке аудиоданных. Распознавание аккордов является фундаментальной задачей в поиске музыкальной информации, имеющей применение в музыкальной композиции, исполнении и анализе.

Ключевые слова: распознавание аккордов, обработка звука, машинное обучение, сравнительный анализ, методы

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Кіріспе

Қазіргі әлемде цифрлық технологиялардың дамуымен зерттеушілер, музыканттар және музыкалық технологияларды жасаушылар музыкалық композицияларды талдау процестерін автоматтандыру (Галанов, 2019) қажеттілігінің артуына тап болады. Бұл процестің негізгі элементтерінің бірі — сандық дыбыстық жазбалардағы аккордтарды тану. Бұл тапсырмада музыкалық аналитикадан бастап инновациялық музыкалық қосымшаларды құруға дейінгі көптеген қосымшалар бар. Аккорд-бұл бір уақытта ойналатын әр түрлі биіктіктегі үш немесе одан да көп музыкалық дыбыстардың тіркесімі. Оларды тану міндеті музыкалық аспаптарда ойнауды үйрету жүйелерін, музыкалық шығармаларды сәйкестендіру жүйелерін әзірлеу кезінде туындауы мүмкін. Бұл мақаланың мақсаты — машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, аккордты тану контекстінде дыбысты өңдеу әдістеріне

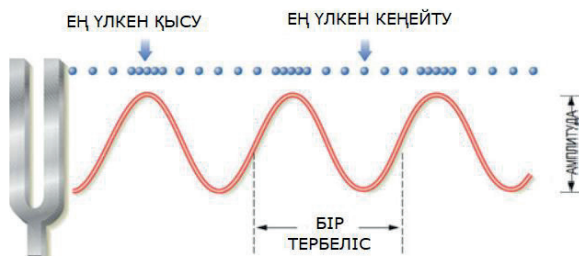
салыстырмалы талдау жасау. Біз қолданыстағы тәсілдерді қарастырамыз, олардың артықшылықтары мен шектеулерін анықтаймыз және салыстырмалы эксперименттер әдістемесін ұсынамыз. Бұл тапсырманың өзектілігі оның музыканттар мен музыкалық зерттеушілер үшін маңыздылығымен ғана емес, сонымен қатар жаңа музыкалық технологияларды құру мүмкіндіктерін кеңейтумен, музыкалық редакциялау процестерінің тиімділігін арттырумен және музыкалық қосымшалар саласындағы пайдаланушы тәжірибесін байытумен байланысты. Бұл тұрғыда салыстырмалы талдау жүргізу сандық дыбыста аккордты тану әдістерін оңтайландыру мен дамытудағы маңызды қадамға айналады. Дыбыс – бұл құлақ белгілі бір тербеліс диапазонына реакция жасаған кезде пайда болатын нәрсе. Осылайша ауада пайда болған (Глазырин, 2013; Дудырев, 2018) толқындар бізге айтылып отырған дыбысты береді. Біздің құлағымыз толқындарды қабылдайды және оларды миға берілетін және оның жарты шарларымен өңделетін жүйке импульстарына айналдырады. Нәтижесінде адам белгілі бір дыбысты біледі.

Адамның құлағы құлақтың икемділігіне байланысты өте сезімтал. Адамдардың есту қабілетінің шыңы жас кездерде пайда болады, бұл кезде есту органының бұл қасиеті әлі жоғалған жоқ және адам 20 кГц жиіліктегі (Харитоновна, 2021; Пономарева, 2018) дыбыстарды естиді. Үлкен жаста адамдар жынысына қарамастан дыбыстық толқындарды нашар қабылдайды: олар тек 12–14 кГц-тен аспайтын жиілікті естиді. Дыбыстың екі негізгі қасиеті — биіктік пен көлем. Дыбыс деңгейі — бұл кейбір дыбыстар басқаларға қарағанда "жоғары" немесе "төмен" болып көрінетін дыбыс сапасы. Ол белгілі бір уақыт аралығында өндірілген тербелістер санымен анықталады. Дыбыстың діріл жиілігі оның жиілігі деп аталады. Жиілік неғұрлым жоғары болса, соғұрлым жоғары болады. Жиілік көбінесе Герцтер (Гц) деп аталатын бірліктермен өлшенеді. Аспаптың қабылданған биіктігі, әдетте, негізгі жиілік деп аталатын ең төменгі жиіліктен және негізгі жиіліктен бірнеше гармоникадан тұрады. Дыбыс деңгейі — біз еститін дыбыс мөлшері (Тсуджи, 2021) немесе деңгейі (дыбыстық толқын амплитудасы). Музыкадағы дыбыс деңгейінің өзгеруі динамика деп аталады. Дыбыс деңгейі көбінесе децибелмен өлшенеді (дБ). Тембр — бұл дыбыстың (Станкевич, 2021) тағы бір маңызды аспектісі, ол бірдей дыбыс пен дыбыс шығаратын әртүрлі дыбыс көздерін ажыратуға мүмкіндік береді. Әрбір жеке музыкалық аспапта әр түрлі тембр бар және оны қалай ойнайтынына байланысты бірдей аспап әр түрлі тембр шығара алады.

Музыкалық тон — тұрақты мерзімді сигнал. Оның 4 атрибуты бар: Ұзақтығы; Биіктігі; Қарқындылығы (көлемі); Тембрі (сапасы).

Алайда, музыкада музыкалық тон вибрато, өтпелі процесс және модуляция сияқты басқа аспектілерді қамтуы мүмкін. Таза тон синусоидалы толқынға сәйкес келеді, яғни оның құрамында бір жиілік бар. Күрделі сигнал синусоидалы емес, бірақ ол мерзімді және оны синусоидалы сигналдардың қосындысы ретінде сипаттауға болады. Синусоидалы тон (Сидхард, 2015) дегеніміз — таза тон. Діріл шанышқысы синусоидалды заңға сәйкес келетін

ауаны қысу және кеңейту толқындарының тізбегін жасайды. Бұл дыбыс таза тон деп аталады. Ол жиілік пен қарқындылық параметрлерімен сипатталады. Шанышқы секундына 100 тербеліс жасаған кезде, ол секундына 100 сығымдалған немесе 100 герц жиіліктегі дыбыстық толқын жасайды. Таза тонның қарқындылығы (немесе амплитудасы) – шыңдар мен депрессиялар арасындағы қысымның айырмашылығы. Кез-келген дыбыстың толқын пішінін әртүрлі жиіліктегі, амплитудадағы және фазадағы синусоидалды толқындар қатарына бөлуге болады. Бұл синусоидалы толқындар пайда болған кезде бастапқы толқын пішіні алынады. Сурет 1-де көрсетілгендей.



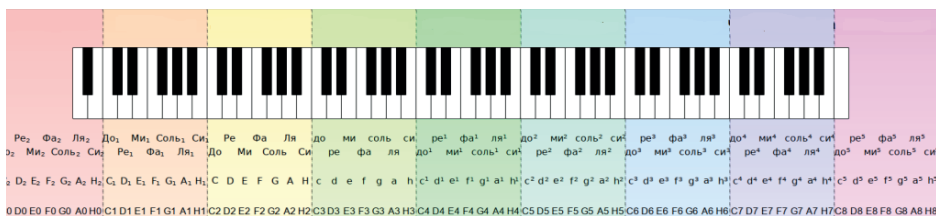
Сур. 1. Таза тон
(Fig. 1. Clean tone)

Полифония — бұл кейбір музыкалық (Пурвинс, 2019) аспаптар бір уақытта бірнеше ноталарды шығара алатын қасиет, бұл аспаптар полифониялық деп аталады. Бұл қасиетке ие емес құралдар монофониялық деп аталады. Адамның миы әртүрлі дыбыс көздерін бөлуге қабілетті болса да, автоматтандырылған компьютерлік талдау өте күрделі процесс, сондықтан бұл жоба моно дыбыстарға назар аударады. Гармоника — синусоидалы толқындар сияқты қайталанатын сигналдарға қолданылады. Гармоника — бұл бірінші гармоника деп аталатын негізгі жиілікке көбейтілген оң бүтін сан. Оң бүтін санға көбейту гармониканың негізгі жиілікпен бірдей кезеңіне әкеледі, сондықтан кейде олардың қайсысы бастапқы жиілік екенін шешу қиынға соғады, өйткені кейбір гармоникалардың амплитудасы жоғары болуы мүмкін.



Сур. 2. Гармоника
(Fig. 2. Harmonica)

Жоғарыдағы суретте көрсетілгендей, барлық синусоидтар бірдей нүктелерде жиналады. Суретте жасыл синусоидадан тек бір кезең пайда болады. Қызылдан 3 кезең, ал көк түстен 5 кезең бар, бірақ негізгі ұғым — олардың барлығы негізгі жиілік кезеңінің жартысында және негізгі жиілік кезеңі аяқталатын жерде кездеседі. Фортепиано немесе рояль пернетақтасы 88 пернеден тұрады. Олар 7 толық октавадан және тағы 4 нотадан тұрады. Көптеген құралдар үшін мұндай сәйкестік қарастырылмаған — скрипкада ойнаған кезде сіз тек құлағыңызға сене аласыз.



Сур. 3. Фортепианодағы ноталар мен октавалардың орналасуы
(Fig. 3. The arrangement of notes and octaves on the piano)

Жоғарыда айтып өткеніміздей фортепиано пернетақтасы толық 7 октавадан (Надар, 2019) және тағы 4 нотадан тұрады. Олар: Субконтроктава; Контроктава; Үлкен октава; Кіші октава; Бірінші октава; Екінші октава; Үшінші октава; Төртінші октава; Бесінші октава.

Қосымша 4 нота субконтроктава мен бесінші октаваға тиесілі. Жалпы октава саны 9. Әр октава математикалық тең интервалдарға бөлінеді, ең типтік жағдайда он екі жартылай тонға (әрқайсысы $1 : \sqrt[12]{2}$ -ге тең) бөлінеді. Келесі формуланы қолдана отырып, бүкіл масштабтағы жиіліктерді математикалық түрде есептеуге болады:

$$f(i) = f_0 \cdot 2^{i/12} \tag{1}$$

Мұндағы, f_0 — діріл шанышқысының жиілігі. Ол — Ля, 440 Hz-ке тең. Ал, i — қажетті дыбыстан f_0 стандартына дейінгі аралықтағы жартылай тондар саны. Мысалы, сіз дыбыс жиілігін ла нотасының шанышқысынан төмен тонға (2 жартылай тон) есептей аласыз:

$$f(-2) = 440 \text{ Hz} \cdot 2^{-2/12} \approx 391,995 \text{ Hz} \tag{2}$$

Фортепианодан алынған дыбыстар шамамен 16 Гц-тен 15800 Гц-ке дейінгі (Джанг, 2019) жиіліктерге сәйкес келеді. Уақыт бойынша іріктеу және деңгей бойынша кванттау сигналды аналогтық формада сандыққа түрлендірудің негізі болып табылады. Аналогтық аудио сигнал-уақыт өте келе өзгеретін кернеу. Уақыт өте келе дыбыстық сигнал неғұрлым тез өзгерсе, соғұрлым оның жиілігі соғұрлым жоғары болады. Өзгеру амплитудасы неғұрлым үлкен болса,

сигнал соғұрлым қатты болады. Осылайша, дыбыстық сигналда 2 параметр бар: *уақыт* пен *амплитуда* және оны дұрыс беру үшін бұл параметрлер кодталуы керек. Сандық жазбада уақыт пен амплитуда параметрлері дискретті түрде сақталады. Уақыт ақпараты сандық жүйеде дыбыстық сигналдың лездік мәндерін мезгіл-мезгіл өзгерту арқылы кодталады. Аналогтық сигналдың дискретті мәні санау деп аталады. Амплитудалық ақпарат әр сілтеменің мәнін санның көмегімен көрсету нәтижесінде кодталады, бұл процесс кванттау деп аталады. Дискретизация уақытша ақпаратты сақтайды, ал кванттау амплитудалық ақпаратты сақтайды.

Уақыт бойынша іріктеу және деңгей бойынша кванттау нәтижесінде аналогтық сигналдың формасын білдіретін сөздер деп аталатын екілік сандар тізбегі пайда болады. Егер сіз осы екілік сөздерді уақыт бойынша бастапқы іріктеудің бастапқы параметрлерін сақтай отырып, кернеуге қайтарсаңыз, аналогтық сигналдың формасы шамамен қалпына келтіріледі. Дыбыстық сигналдың бастапқы пішінін дәлірек қалпына келтіру үшін тіктөртбұрышты кернеу импульстарын төменгі жиілік сүзгісімен қосымша тегістеу қажет. Осылайша, уақыт бойынша іріктеу және деңгей бойынша кванттау үздіксіз аналогтық функцияны (аналогтық сигналдың үздіксіз өзгертін кернеуі) екілік сандар тізбегіне айналдырады. Аналогтық сигналды уақыт бойынша іріктеу жылдамдығы іріктеу жиілігі (Кошелева, 2021; Кёрнер, 2022) деп аталады. Дыбыстық сигналдың максималды жиілігі оған байланысты, оны дұрыс кодтауға болады. Іріктеу жиілігі кодталған дыбыстық сигналдың ең жоғары жиілігінен кемінде екі есе жоғары болуы тиіс. Мысалы, ықшам дискіге дыбыс (Анисимова, 2021) жазу үшін іріктеу жиілігі 44,1 кГц құрайды. Бұл дыбыстық сигналдың жиілік диапазонының ені 20 кГц құрайды. Найквист (Котельников) теоремасында (Бориско, 2019) аналогтық сигналдың іріктеу жиілігі мен жиілік диапазонының қатынасы анықталған. Найквист уақыт бойынша кез-келген жүйеде іріктеу жиілігі біз жеткізгіміз келетін ең жоғары жиіліктен кемінде екі есе жоғары болуы керек деген теорияны жасады. Егер сіз Найквист теоремасын бұзсаңыз және іріктеу жиілігінің жартысынан жоғары жиіліктегі сигналды іріктесеңіз, онда спектрлік қабаттасу деп аталатын сызықты емес бұрмаланулар пайда болады.

Әдістер мен материалдар

Машиналық оқытуды қолдана отырып, аккордты тану тапсырмасындағы дыбысты өңдеудің әртүрлі әдістерін қолдануға болады. Кесте 1-де салыстырмалы талдауға енгізуге болатын бірнеше әдіс атаулары берілген:

Кесте 1. Аккордты тану тапсырмасындағы дыбысты өңдеуге арналған әдістер

№	Әдіс атауы	Мақсаты	Артықшылықтары	Кемшіліктері
1	аккордтарды тануға арналған конволюциялық нейрондық желілер (cnn)	аккордтарды тануға арналған спектрограммалар мен хроматикалық гистограммаларды талдау	деректердегі кеңістік-тік тәуелділіктерді есепке алу, маңызды белгілерді окшаулау мүмкіндігі	оқу үшін көптеген мәліметтер қажет, есептеу құны жоғары, қайта оқытылуы мүмкін

2	аккордты тану тапсырмасындағы қайталанатын нейрондық желілер (rnn)	дәлірек тану үшін аудио сигналдардағы уақытқа тәуелділікті есепке алу	тізбекті талдауға жарамды, ұзақ мерзімді тәуелділіктерді есте сақтауға қабілетті	ұзақ тізбектегі оқу проблемалары болуы мүмкін, есептеу шығындары болуы мүмкін
3	аккордтарға арналған терең оқытуға негізделген әдістер	аккордтарды тану тапсырмасы үшін терең модельдерді тиімді пайдалану	жоғары деңгейлі белгілерді шығаруға қабілетті, белгілерді қолмен реттемей оқыту	оқу деректерінің үлкен көлемін қажет етеді, есептеуді талап етеді, түсіндіру қиын болуы мүмкін
4	аккордты тануға арналған тірек векторлық машина (svm)	аккордты тануға арналған спектрлік сипаттамалардың жіктелуі	сыныптар арасындағы шекараларды бөлуде тиімді, көп өлшемді деректерге қолданылады	ядро таңдауына сезімтал болуы мүмкін, гиперпараметрлерді мұқият конфигурациялауды қажет етеді
5	аккордтарды топтастыруға арналған кластерлеу алгоритмдері	музыкадағы құрылымдық тәуелділіктерді анықтауға арналған аккордтарды топтастыру	деректердегі заңдылықтарды анықтауға мүмкіндік береді, музыкалық ақпаратты ұйымдастыруға көмектеседі	кластерлер санын анықтауды талап етеді, әдісті таңдауға және бастапқы шарттарға сезімтал болуы мүмкін
6	дәстүрлі статистикалық әдістермен салыстыру	статистикалық әдістермен салыстырғанда машиналық оқыту әдістерінің қолданылуын бағалау	сигналдарды өңдеудегі дәстүрлі әдістермен объективті салыстыруға баса назар аудару	күрделі музыкалық құрылымдарды жуықтау кезінде дәлірек болмауы мүмкін
7	аккордты танудағы трансферлік оқыту	музыканың әртүрлі стильдеріне модельдердің жалпылануын арттыру	өнімділікті жақсарту үшін бір саладан екінші салаға білімді пайдалану	көздер мен мақсатты оқу бағыттарын мұқият таңдауды қажет етеді, шуды тасымалдау мүмкін
8	гибридті модельдер	машиналық оқыту әдістерін музыкалық теорияға негізделген ережелермен біріктіру	статистикалық және теориялық тәсілдердің үйлесімі арқылы тану дәлдігін жақсарту	компоненттер арасындағы қосымша баптау мен үйлесімділікті қажет етеді, түсіндіру қиын

Аудио сигналдарды талдау және олардың сипаттамаларын беру үшін әртүрлі әдістер, соның ішінде Фурье түрлендіруі және вейвлет түрлендіруі қолданылады.

Фурье түрлендіруі. Фурье түрлендіруі аудио сигналдарды талдаудың негізгі әдісі болып табылады және қазіргі заманғы аудио өңдеу мен аудио талдаудың ажырамас бөлігі болып табылады. Фурье түрлендіру принципі жиілік аймағындағы аудио сигналдың математикалық көрінісіне негізделген. Бізде уақыт бойынша амплитудалық функция ретінде ұсынылған аудио

сигнал бар делік, оны $f(t)$ деп белгілейік, мұндағы t – уақыт. Бұл сигналдың Фурье түрлендіруі оны әртүрлі жиіліктегі гармоникалық сигналдардың қосындысына ыдыратуға мүмкіндік береді. Математикалық тұрғыдан ол келесідей ұсынылған:

Жиілік аймағындағы сигнал спектрі:

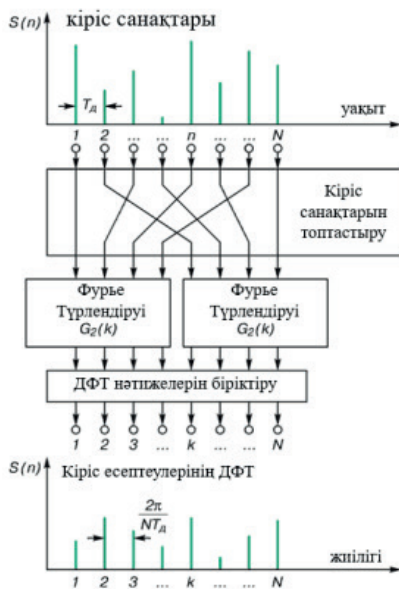
$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i\omega t} dt \tag{3}$$

мұндағы, $F(\omega)$ жиілік аймағындағы сигнал спектрі. Бұл жиілігінің функциясы.

$f(t)$ – уақыт аймағындағы бастапқы сигнал. Бұл t уақыт функциясы.

f – t уақыт интегралын білдіреді.

$e^{-i\omega t}$ – әр түрлі жиіліктегі гармоникалық компоненттерді білдіретін күрделі экспонент.



Сур. 4. Жылдам Фурье түрлендіруінің архитектурасы (Fig. 4. Fast Fourier transform architecture)

Аудио сигналды талдау және оның спектрлік көрінісін Python көмегімен визуализациялау үшін Фурье түрлендіруін қолданатын мәселенің мысалын қарастырайық. Бұл мысалда біз есептеу үшін NumPy кітапханасын және визуализация үшін Matplotlib кітапханасын қолданамыз.

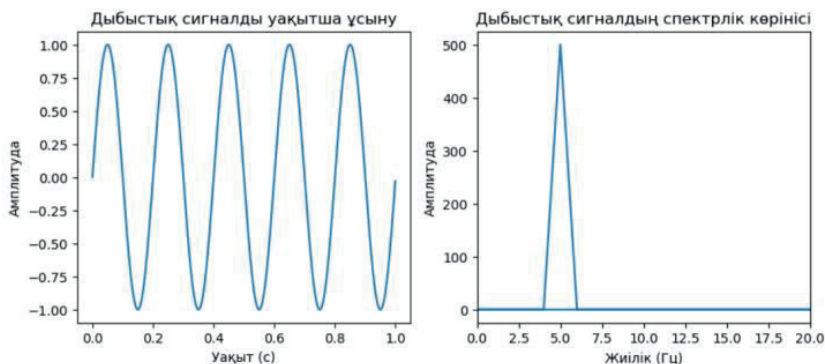
```

import numpy as np

import matplotlib.pyplot as plt
# Біз симуляцияланған аудио сигнал жасаймыз (мысалы, синусоид)
sample_rate = 1000 # Гц-дегі іріктеу жиілігі
duration = 1.0 # Сигналдың ұзақтығы секундпен
t = np.linspace(0, duration, int(sample_rate * duration), endpoint=False)
frequency = 5 # Гц-дегі синусоиданың жиілігі
signal = np.sin(2 * np.pi * frequency * t)
# Фурье түрлендіруін орындаймыз
fft_result = np.fft.fft(signal)
freqs = np.fft.fftfreq(len(fft_result), 1 / sample_rate) # Частоты
# Спектрлік көріністі елестету
plt.figure(figsize=(10, 4))
plt.subplot(121)
plt.plot(t, signal)
plt.title('Дыбыстық сигналды уақытша ұсыну')
plt.xlabel('Уақыт (с)')
plt.ylabel('Амплитуда')
plt.subplot(122)
plt.plot(freqs, np.abs(fft_result))
plt.title('Дыбыстық сигналдың спектрлік көрінісі')
plt.xlabel('Жиілік (Гц)')
plt.ylabel('Амплитуда')
plt.xlim(0, 20) # Жиілік диапазонын шектеу
plt.show()

```

Сур. 5. Фурье Түрлендіруінің практикалық мысалы
(Fig. 5. Practical example of Fourier Transform)



Сур. 6. Фурье түрлендіруі
(Fig. 6. Fourier transform)

Бұл мысалда біз синусоидалы аудио сигнал шығарамыз, оның спектрлік компоненттерін талдау үшін Фурье түрлендіруін орындаймыз және нәтижелерді визуализациялаймыз. Бірінші график сигналдың уақытша көрінісін көрсетеді, ал екінші график синус толқынының негізгі жиілігін бөлектеу арқылы спектрлік көріністі көрсетеді.

Вейвлет түрлендіруі. Вейвлет түрлендіруі (немесе толқынды түрлендіру) — бұл аудио сигналдарды әртүрлі уақыт пен жиілік шкалаларында талдауға мүмкіндік беретін жетілдірілген әдіс. Толқындық түрлендіру сигналды масштабтауға және жылжытуға болатын толқындық функциялармен ыдыратады. Бұл сигналдағы жылдам және баяу өзгерістерді ажыратуға мүмкіндік береді, бұл әсіресе айнымалы жиілік пен қарқындылықтың дыбысын талдауда пайдалы. Толқынды түрлендіру тұжырымдамасы аудио сигналдарды әртүрлі уақыт пен жиілік шкалаларында талдауға мүмкіндік беретін бірнеше кезеңдерді қамтиды.

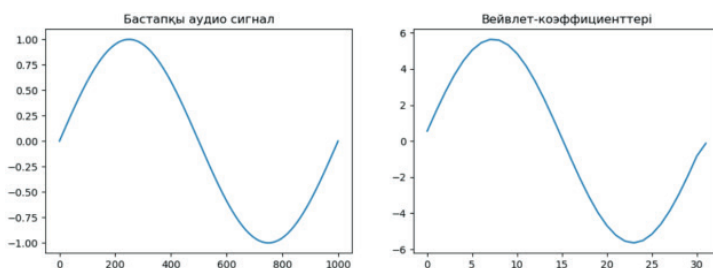
$$W(a,b) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot \psi_{a,b}(n) \tag{4}$$

мұндағы, $\psi_{a,b}(n)$ — толқынды функция, a және b — масштаб және жылжыту параметрлері.

Pywavelets кітапханасын пайдаланып аудио сигналды талдауға арналған Python-дағы мысал:

```
import pywt
import pywt.data
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
signal = np.sin(2 * np.pi * np.linspace(0, 1, 1000))
# Вейвлет-түрлендіруді орындаймыз
coeffs = pywt.wavedec(signal, 'db1', level=5)
# Нәтижені визуализациялау
plt.figure(figsize=(12, 4))
plt.subplot(121)
plt.plot(signal)
plt.title('Бастапқы аудио сигнал')
plt.subplot(122)
plt.plot(coeffs[0]) # нақтылау коэффициенттері
plt.title('Вейвлет-коэффициенттері')
plt.show()
```

Сур. 7. Вейвлет түрлендіруінің практикалық мысалы
(Fig. 7. Practical example of wavelet transform)



Сур. 8. Вейвлет түрлендіруі
(Fig. 8. Wavelet Transform)

Бұл мысалда біз қарапайым синусоидалы аудио сигнал жасаймыз және бірінші деңгейдегі Добеши толқынын пайдаланып толқындық түрлендіруді орындаймыз. Алынған коэффициенттер сигналдың әртүрлі уақыт және жиілік компоненттері туралы ақпаратты білдіреді.

Қорытынды

Зерттеу барысында машиналық оқытуды қолдана отырып сандық дыбыстық жазбалардағы аккордтарды танудың сегіз түрлі әдісімен таныстық. Алайда, терең салыстырмалы талдау үшін екі әдіс таңдалды: Фурье түрлендіруі және Вейвлет түрлендіруі.

Екі әдіс те, Фурье түрлендіруі және толқынды түрлендірудің де өзіндік артықшылықтары мен қолданылуы бар. Фурье түрлендіруі жақсы спектрлік талдауды қамтамасыз етеді және эквалайзинг және спектрлік талдау сияқты мәселелерде қолданылады. Толқынды түрлендіру икемді және дыбыстық инженерия мен ауытқуларды анықтауда пайдалы әр түрлі уақыт пен жиілік құрылымы бар сигналдарды талдауға мүмкіндік береді.

Эксперименттердің нәтижелері бойынша келесі тұжырымдар жасалды.

1. Тану дәлдігі. Фурье түрлендіру әдісі Толқынды түрлендірумен салыстырғанда жоғары тану дәлдігін көрсетті. Бұл әдістің сигналдардағы жиілік сипаттамаларын оқшаулау қабілетіне байланысты болуы мүмкін.

2. Есептеу тиімділігі. Фурье түрлендіруі есептеу тұрғысынан тиімдірек болды, бұл нақты жағдайларда қолданылған кезде маңызды фактор болуы мүмкін.

3. Шуға төзімділік. Фурье түрлендіру әдісі аудио сигналдардағы шуларға үлкен қарсылық көрсетті, бұл аудио ақпарат әртүрлі бұрмалануларға ұшырауы мүмкін нақты жағдайларда маңызды артықшылық болып табылады.

4. Әр түрлі стильдерге қолдану. Екі әдіс те музыканың әртүрлі стильдерімен жұмыс істейді, дегенмен Фурье түрлендіруі қолданудың кең ауқымын көрсетті. Жоғарыда аталған зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, сандық дыбыстық жазбалардағы аккордтарды тану тапсырмалары үшін Фурье түрлендіру әдісін қолдануды ұсынамыз. Оның жоғары дәлдігі, есептеу тиімділігі және шуға төзімділігі оны осы контексте қолайлы әдіске айналдырады.

ӘДЕБИЕТТЕР

Анисимова С.В., Бас А.И. (2021). Музыкалық үзінділерді, ноталар мен аккордтарды тану алгоритмдері // Полоцк мемлекеттік университетінің хабаршысы. С Сериясы. Іргелі ғылымдар. — 2021. — №. 4. — 45–49 б.

Бориско С.Н. және т.б. (2019). Найквист жиілігіне жақын модуляция жиілігімен ақпараттық сигналдарды өңдеу нәтижелерін талдау // Қос технология. — 2019. — №. 1. — 53–56 б.

Галанов А.Е., Селюкова Г.П. (2019). Нейрондық желілер және нейрондық технологиялар // ғылым мен экономиканың өзекті мәселелері: жаңа сын-қатерлер мен шешімдер. — 2019. — С. 399–405 б.

Глазирин Николай Юрьевич (2013). Сандық дыбыстағы аккордтарды Алгоритмдік тану / "суреттерді, желілерді және мәтіндерді талдау" бүкілресейлік ғылыми конференциясының баяндамалары (AIST 2013). — Екатеринбург, Ресей, — 2013. — 199–203 б.

Дудырев Е.О. (2018). Машиналық оқытуға негізделген аккордтарды тану әдістерін зерттеу // Ресей байлығы. — 2018. — 56–57 б.

Кернер Т.В. (2022). Фурье Талдауы. - Кембридж университетінің баспасы, — 2022.

Кочелева Д.Д., Доронина А.В. (2021). Фурье түрлендіруі және жылдам Фурье түрлендіруі // инновация. Ғылым. Білім. — 2021. — №. 38. — 626–632 б.

Надар К.Р., Абесер Дж., Гроллиш С. (2019). Аккордтарды автоматты түрде тану үшін CNN негізіндегі жетінші аккордтық акустикалық модельдеуге // дыбыстық және музыкалық есептеулер бойынша халықаралық конференция. Малага, Испания. — 2019.

Пономарева Н.В. (2018). Музыкалық акустикадағы компьютерлік спектрлік сигналдарды өңдеу мәселелері // өндірістегі Интеллектуалды жүйелер. — 2018. — Т. 16. — №. 1. — 26–33 б.

Пурвинс Х. және т.б. (2019). Дыбыстық сигналдарды өңдеуге арналған терең оқыту // таңдалған сигналдарды өңдеу тақырыптары бойынша IEEE журналы. — 2019. — Т. 13. — №. 2. — 206–219 б.

Сиддхарт Сигтия, Николас Буланжер-Левановский, С. Диксон (2015). Гибридті қайталанатын нейрондық желі арқылы дыбыстық аккордтарды Тану, халықаралық музыкалық ақпаратты іздеу қоғамының конференциясында жарияланған, — 2015 ж.

Станкевич Ф.В., Спицын В.Г. (2014). Бор-жиілік кепстральды коэффициенттерді қолдана отырып, музыкалық аспаптарды нейрондық тану // іргелі зерттеулер. — 2014. — №. 12–1. — 51–56 б.

Харитонова Н.Д., Сидоров П.В. (2021). Физика және музыка: дыбыстың физикалық қасиеттері. — 2021.

Цудзи К, Мюллер С.С. (2021). Физика және музыка: маңызды байланыстар және қызықты экскурсиялар. — Springer Natur, — 2021 ж.

Чжан Д., Чжан Д. (2019). Вейвлет – түрлендіру // кескін деректерін өндіру негіздері: талдау, сипаттамалар, жіктеу және экстракция. — 2019. — 35–44 б.

REFERENCES

Anisimova S.V., Golovaty A.I. (2021). Algorithms for recognizing musical passages, notes and chords //Bulletin of Polotsk State University. Series C. Fundamental Sciences. — 2021. — No. 4. — Pp. 45–49.

Borisko S.N. et al. (2019). ANALYSIS OF THE RESULTS OF PROCESSING INFORMATIVE SIGNALS WITH A MODULATION FREQUENCY CLOSE TO THE NYQUIST FREQUENCY // Dual technologies. — 2019. — No. 1. — Pp. 53–56.

Dudyrev E.O. (2018). Investigation of chord recognition methods based on machine learning // The wealth of Russia. — 2018. — Pp. 56–57.

Galanov A.E., Selyukova G.P. (2019). Neural networks and neural technologies //Current issues of science and economy: new challenges and solutions. — 2019. — Pp. 399–405.

Glazyrin Nikolay Yuryevich (2013). Algorithmic recognition of chords in digital sound // Reports of the All-Russian scientific conference "Analysis of Images, Networks and Texts" (AIST 2013). — Yekaterinburg, Russia, — 2013. — Pp. 199–203.

Kharitonova N.D., Sidorov P.V. (2021). Physics and music: physical properties of sound. — 2021.

Körner T.W. (2022). Fourier analysis. – Cambridge university press, — 2022.

Kosheleva D.D., Doronina A.V. (2021). Fourier transform and fast Fourier transform //Innovation. The science. Education. — 2021. — No. 38. — Pp. 626–632.

Nadar C.R., Abeßer J., Grollmisch S. (2019). Towards CNN-based acoustic modeling of seventh chords for automatic chord recognition //International Conference on Sound and Music Computing. Málaga, Spain. — 2019.

Ponomareva N.V. (2018). Problems of computer spectral signal processing in musical acoustics //Intelligent systems in production. — 2018. — Vol. 16. — No. 1. — Pp. 26–33.

Purwins H. et al. (2019). Deep learning for audio signal processing //IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing. — 2019. — T. 13. — №. 2. — Pp. 206–219.

Siddharth Sigtia, Nicolas Boulanger-Lewandowski, S. Dixon (2015). Audio Chord Recognition with a Hybrid Recurrent Neural Network, Published in International Society for Music Information Retrieval Conference, — 2015

Stankevich F.V., Spitsyn V.G. (2014). Neural network recognition of musical instruments using low-frequency keprstral coefficients //Fundamental research. — 2014. — No. 12–1. — Pp. 51–56.

Tsuji K., Müller S.C. Physics and Music: Essential Connections and Illuminating Excursions. – Springer Nature, — 2021.

Zhang D., Zhang D. (2019). Wavelet transform //Fundamentals of image data mining: Analysis, Features, Classification and Retrieval. — 2019. — Pp. 35–44.

МАЗМҰНЫ

Г.Б. Абдикеримова, Р.М. Аманов, Г.Т. Азиева, А.М. Заманбекова, Қ. Жеңсқанқызы <i>МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, АККОРДТЫ ТАҢУ ТАПСЫРМАСЫНДАҒЫ ДЫБЫСТЫ ӨҢДЕУ ӘДІСТЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ</i>	7
Л.А. Абдыкеримова, Г.Е. Мырзабекова, Г.С. Омарова, Л. Ақзуллақызы, Г.Ш. Мусагулова ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ЖҮРЕК ПАТОЛОГИЯСЫН АНЫҚТАУ.....	21
А.Е. Әбжанова, Е.Ә. Әбжанов, А.А. Мырзамуратова, А.Г. Батырханов, А.Б. Бексейтова ҚАШЫҚТАН ЗОНДТАУ АРҚЫЛЫ АЛЫНҒАН ТОПЫРАҚ ЫЛҒАЛДЫЛЫҒЫ.....	35
У.Ж. Айтимова, М.Ж. Айтимов, Э.Н. Тулегенова, А.У. Есиркепова, Ж.Т. Абилдаева СУРЕТТЕН ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІ АРҚЫЛЫ ӨРТ ОШАҒЫН АНЫҚТАУ.....	50
К.М. Алдабергенова, М.Ж. Жасұзақова, М.Ж. Айтимов, Н.Т. Мұстафаева, К.К. Дауренбеков АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН ЦИФРЛАНДЫРУ: ДАМУ МҮМКІНДІКТЕРІ МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ.....	64
А.С. Баегизова, Г.И. Мухамедрахимова, Ж.Б. Ламашева, А.З. Абдрахманова, Т.Т. Оспанова ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІМЕН КЕСКІННІҢ САПАСЫН ЖАҚСARTУ.....	78
Г.Т. Бекманова, А.С. Омарбекова, М.А. Кантуреева, Н.О. Байгабылов, М.М. Құдабеков ӘЛЕУМЕТТАНУЛЫҚ САУАЛНАМАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕРДЕГІ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР.....	91
М.Ә. Берсүгір, Г.У. Маматова, А.А. Нурпейсова, М.Б. Онгарбаева, Ж.Т. Алтынбекова ТЕКСТУРАЛЫҚ ТИПТЕГІ СУРЕТТЕРДІ ЖАҚСARTУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ.....	104
М.А. Болатбек, К.Д. Байсылбаева, М. Сағынай, Ш.Ж. Мусиралиева, А.Н. Жумаханова ИНТЕРНЕТ КЕҢІСТІГІНДЕГІ ЖАСТАРҒА БАҒЫТТАЛҒАН ДЕСТРУКТИВТІ МӘТІНДЕРДІ ЖИНАҚТАУҒА ҚАЖЕТТІ ПАРСЕР БАҒДАРЛАМАСЫН ӨЗІРЛЕУ.....	117
М.Қ. Болсынбек, Г.Б. Абдикеримова, Г.С. Омарова, А.Б. Остаева, А.Г. Батырханов ТОПЫРАҚ ДАЙЫНДАУДЫ БОЛЖАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ПАЙДАЛАНУ.....	132
Ш.К. Ележанова, А.Г. Батырханов, А.Е. Чукуров, Б.С. Хайржанова, Д.А. Тагиев АҚПАРАТТЫҚ БЕЛГІСІЗДІК ТИПОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ АҚПАРАТТЫ ІЗДЕУ ТҮРЛЕРІ.....	151
М.М. Есмагамбетова, Т.Т. Оспанова, Л.К. Бобров, Т.Л. Тен, Т.У. Есмагамбетов ҒАРЫШТЫҚ ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАРДЫ БАҚЫЛАУ КЕСКІНДЕРІН ӨҢДЕУДЕ ТҮСТЕРДІ ӨЛШЕУ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚҰРАЛЫН ТАҢДАУ.....	161

Т.К. Жукабаева, А. Адамова, Б.А. Ху Вен-Цен, Е.М. Марденов, Л.З. Жолшиева СЫМСЫЗ СЕНСОР ЖЕЛІСІНДЕГІ SYBIL ЖӘНЕ WORMHOLE ШАБУЫЛДАРЫН АНЫҚТАУ.....	171
А.А. Исмаилова, Ж.Т. Бельдеубаева, А.А. Нурпейсова, Г.О. Исакова, Ж.З. Жантасова ӨСІМДІК АУРУЛАРЫН ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ.....	184
А.Х. Касымова, М.Б. Есенова, М.У. Худойберганов, А.Б. Остаева, М.Г. Байбулова ДАҚЫЛДАРДЫҢ АУРУЛАРЫН ЖІКТЕУ ҮШІН ТЕРЕҢ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІН ҚОЛДАНУ.....	198
А.Ұ. Мұхиядин, М.У. Мукашева, У.Т. Махажанова, А.А. Муханова, Ж.Б. Ламашева ПРОГРАММАЛЫҚ ҚҰРАЛДАР КӨМЕГІМЕН ЭКСТРЕМАЛДЫ ҚАШЫҚТЫҚТАН ОҚЫТУДЫҢ ОҚУШЫЛАРҒА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	209
Б.Б. Оразбаев, Л.Т. Салыбек, К.Н. Оразбаева, Ш.К. Коданова, С.Ш. Исакова МҰНАЙДЫ АЛҒАШҚЫ ӨНДЕУДЕ ЭЛЕКТРОТҰЗСЫЗДАНДЫРЫРУ ЖӘНЕ СУСЫЗДАНДЫРУ ПРОЦЕССТЕРІН ОПТИМИЗАЦИЯЛАУ ҮШІН МОДЕЛЬДЕР ҚҰРУ ТӘСІЛІ.....	224
С.К. Серикбаева, М.Қ. Болсынбек, А.Д. Абдувалова, А.Т. Абдыхалық, Д.Е. Ануарбек ТОПЫРАҚ САПАСЫН БОЛЖАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНУ: АЛГОРИТМДЕР МЕН ӘДІСТЕР.....	237
А.Ж. Танирбергенов, Ж.К. Тасжурекова, С.К. Серикбаева, А.А. Шораев, А.Д. Абдувалова ТОЛЫҚ МӘТІНДІ ҚҰЖАТТАРДЫ ІЗДЕУДІҢ МОДЕЛІ МЕН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ ӘДІСТЕРІ.....	253
А.Ә. Таурбекова, Ө.Ж. Мамырбаев, К.Ж. Тұрғанбай СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТТІ БАҒАЛАУ ҮШІН ГИДРОДИНАМИКАЛЫҚ ТҰРАҚСЫЗДЫҚ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ.....	268
Н. Т. Тұржанов, Ш. К. Ележанова, С. Н. Идрисов, Ж. К. Дюсембина АҚПАРАТТЫҚ ҮДЕРІСТЕРДІҢ РЕИНЖИНИРИНГІНІҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ КУРСЫН ӘЗІРЛЕУ.....	290
В. Шевцов, А. Исмаилова, Ж. Белдеубаева, А. Сатыбалдиева, А. Нурпейсова МЛВА ГЕНОТИПТЕУДІҢ ӘДІСІ ЖӘНЕ ОНЫ ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ АЛГОРИТМДЕРІ РЕТІНДЕГІ ГЕНОМДЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ ПАЙДАЛАНУ.....	300
А.Ә. Шекербек, А.А. Некесова, Ж.Ж. Молдашева, А.И. Онгарбаева, А.О. Тохаева ФРАКТАЛДЫҚ ӘДІСПЕН ӨКПЕНІҢ ПАТОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН ТАЛДАУ.....	313

СОДЕРЖАНИЕ

Г.Б. Абдикеримова, Р.М. Аманов, Г.Т. Азиева, А.М. Заманбекова, К. Женсканкызы СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ЗВУКА В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ АККОРДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	7
Л.А. Абдыкеримова, Г.Е. Мурзабекова, Г.С. Омарова, Л. Акзуллакызы, Г.Ш. Мусагулова ОБНАРУЖЕНИЕ СЕРДЕЧНОЙ ПАТОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ.....	21
А.Е. Абжанова, Е.А. Абжанов, А.А. Мырзамуратова, А.Г. Батырханов, А.Б. Бексейтова ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ, ПОЛУЧЕННАЯ ДИСТАНЦИОННЫМ ЗОНДИРОВАНИЕМ.....	35
У.Ж. Айтимова, М.Ж. Айтимов, Э.Н. Тулегенова, А.У. Есиркепова, Ж.Т. Абилдаева ОБНАРУЖЕНИЕ ОЧАГОВ ПОЖАРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ.....	50
К.М. Алдабергенова, М.Ж. Жасузакова, М.Ж. Айтимов, Н.Т. Мустафаева, К.К. Дауренбеков ЦИФРОВИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.....	64
А.С. Баегизова, Г.И. Мухамедрахимова, Ж.Б. Ламашева, А.З. Абдрахманова, Т.Т. Оспанова УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ.....	78
Г.Т. Бекманова, А.С. Омарбекова, М.А. Кантуреева, Н.О. Байгабылов, М.М. Кудабеков ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ОПРОСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.....	91
М.А. Берсугир, Г.У. Маматова, А.А. Нурпейсова, М.Б. Онгарбаева, Ж.Т. Алтынбекова ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТЕКСТУРНОГО ТИПА.....	104
М.А. Болатбек, К.Д. Байсылбаева, М. Сагынай, Ш.Ж. Мусиралиева, А.Н. Жумаханова РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПАРСЕРА ДЛЯ СБОРА ДЕСТРУКТИВНЫХ ТЕКСТОВ, ОРИЕНТИРОВАННЫХ НА МОЛОДЕЖЬ В ИНТЕРНЕТ-ПРОСТРАНСТВЕ.....	117
М.К. Болсынбек, Г.Б. Абдикеримова, Г.С. Омарова, А.Б. Остаева, А.Г. Батырханов ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ.....	132
Ш.К. Ележанова, А.Г. Батырханов, А.Е. Чукуров, Б.С. Хайржанова, Д.А. Тагиев ТИПОЛОГИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И ТИПЫ ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ.....	151

М.М. Есмагамбетова, Т.Т. Оспанова, Л.К. Бобров, Т.Л. Тен, Т.У. Есмагамбетов ВЫБОР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ЦВЕТОМЕТРИИ В ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ.....	161
Т.К. Жукабаева, А. Адамова, В.А. Ху Вен-Цен, Е.М. Марденов, Л.З. Жолшиева ОБНАРУЖЕНИЕ SYBIL И WORMHOLE АТАК В БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ.....	171
А.А. Исмаилова, Ж.Т. Бельдеубаева, А.А. Нурпейсова, Г.О. Исакова, Ж.З. Жантасова ОБНАРУЖЕНИЕ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ МЕТОДОМ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ.....	184
А.Х. Касымова, М.Б. Есенова, М.У. Худойбергенов, А.Б. Остаева, М.Г. Байбулова ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ БОЛЕЗНЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР.....	198
А.У. Мухиядин, М.У. Мукашева, У.Т. Махажанова, А.А. Муханова, Ж.Б. Ламашева ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА УЧАЩИХСЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ.....	209
Б.Б. Оразбаев, Л.Т. Салыбек, К.Н. Оразбаева, Ш.К. Коданова, С.Ш. Исакова МЕТОД РАЗРАБОТКИ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРООБЕССОЛИВАНИЯ И ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТИ.....	224
С.К. Серикбаева, М.К. Болсынбек, А.Д. Абдувалова, А.Т. Абдыхалык, Д.Е. Ануарбек ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПОЧВЫ: АЛГОРИТМЫ И МЕТОДИКИ.....	237
А.Ж. Танирбергенов, Ж.К. Тасжурекова, С.К. Серикбаева, А.А. Шораев, А.Д. Абдувалова МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА ПОЛНОТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ.....	253
А.Ә. Taurbekova, O.Zh. Mamyrbayev, K.Zh. Doshtaev, T.K. Eginbaykyzy HYDRODYNAMIC INSTABILITY MECHANISM PROCESS FOR ASSESSMENT SEISMIC ACTIVITY.....	268
Н.Т. Туржанов, Ш.К. Ележанова, С.Н. Идрисов, Ж.К. Дюсембина РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОГО КУРСА ПО РЕИНЖИНИРИНГУ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ.....	290
В. Шевцов, А. Исмаилова, Ж. Бельдеубаева, А. Сатыбалдиева, А. Нурпейсова MLVA КАК МЕТОД ГЕНОТИПИРОВАНИЯ И АЛГОРИТМЫ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛНОГЕНОМНЫХ ДАННЫХ.....	300
А.А. Шекербек, А.А. Некесова, Ж.Ж. Молдашева, А.И. Онгарбаева, А.О. Тохаева АНАЛИЗ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ЛЕГКИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФРАКТАЛЬНОГО МЕТОДА.....	313

CONTENTS

G.B. Abdikerimova, R.M. Amanov, G.T. Azieva, A.M. Zamanbekova, K. Zhengskankyzy COMPARATIVE ANALYSIS OF SOUND PROCESSING METHODS IN THE CHORD RECOGNITION PROBLEM USING MACHINE LEARNING.....	7
L. Abdykerimova, G. Murzabekova, G. Omarova, L. Akzullakzy, G. Mussagulova DETECTION OF CARDIAC PATHOLOGY USING DEEP LEARNING METHODS.....	21
A.E. Abzhanova, E.A. Abzhanov, A.A. Myrzamuratova, A.G. Batyrkhanov, A.B. Bekseitova SOIL MOISTURE OBTAINED BY REMOTE SENSING.....	35
U. Zh Aitimova, M.Zh. Aitimov, E.N. Tulegenova, A.U. Yessirkepova, Zh.T. Abildaeva FIRE FOCUS DETECTION USING DEEP LEARNING METHODS FROM IMAGE.....	50
K.M. Aldabergenova, M.ZH. Zhasuzakova, M.Zh. Aitimov, N.T. Mustafaeva, K.K. Daurenbekov DIGITALIZATION OF AGRICULTURE: OPPORTUNITIES AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT.....	64
A.S. Baegizova, G.I. Mukhamedrakhimova, Zh.B. Lamasheva, A.Z. Abdrakhmanova, T.T. Ospanova IMPROVE IMAGE QUALITY WITH DEEP LEARNING TECHNIQUES.....	78
G. Bekmanova, A. Omarbekova, M. Kantureyeva, N. Baigabylov, M. Kudabekov INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOCIOLOGICAL SURVEY RESEARCH.....	91
M.A. Bersugir, G.U. Mamatova, A.A. Nurpeisova, M.B. Ongarbayeva, Zh.T. Altynbekova USING MACHINE LEARNING METHODS TO IMPROVE TEXTURE-TYPE IMAGES.....	104
M. Bolatbek, K. Baisylbaeva, M. Sagynay, Sh. Mussiraliyeva, A. Zhumakhanova DEVELOPMENT OF A PARSER PROGRAM FOR THE ACCUMULATION OF DESTRUCTIVE TEXTS AIMED AT YOUNG PEOPLE IN THE INTERNET SPACE.....	117
M. Bolsynbek, G. Abdikerimova, G. Omarova, A. Ostayeva, A. Batyrkhanov APPLICATION OF MACHINE LEARNING TO PREDICT SOIL PREPARATION....	132
Sh.K. Yelezhanova, A.G. Batyrkhanov, A.Y. Chukurov, B.S. Khairzhanova, J.A. Taghiyev TYPOLOGY OF INFORMATION UNCERTAINTY AND TYPES OF INFORMATION RETRIEVAL.....	151
M. Yesmagambetova, T. Ospanova, L. Bobrov, T. Ten, T. Yesmagambetov SELECTION OF COLORIMETRY SOFTWARE TOOLS IN IMAGE PROCESSING OF SPACE MONITORING OF EMERGENCY SITUATIONS.....	161
T. Zhukabayeva, A. Adamova, B. Khu Ven-Tsen, Y. Mardenov, L. Zholshiyeva DETECTION OF SYBIL AND WORMHOLE ATTACKS IN A WIRELESS SENSOR NETWORK.....	171
A.A. Ismailova, Zh.T. Beldeubayeva, A.A. Nurpeisova, G.O. Issakova, Zh.Z. Zhantassova	

DETECTION OF PLANT DISEASES USING DEEP LEARNING METHODS.....	184
A.K. Kassymova, M.B. Yessenova, M.U. Khudoyberganov, A.B. Ostayeva, M.G. Baibulova	
APPLICATION OF DEEP LEARNING ALGORITHMS FOR CLASSIFICATION OF DISEASES OF AGRICULTURAL CROPS.....	198
A. Mukhiyadin, M. Mukasheva, U. Makhazhanova, A. Mukhanova, Zh. Lamasheva	
STUDYING THE EFFECTS OF EXTREME DISTANCE EDUCATION ON STUDENTS USING SOFTWARE TOOLS.....	209
B. Orazbayev, L. Salybek, K. Orazbayeva, Sn. Kodanova, S. Iskakova	
METHOD FOR DEVELOPING MODELS FOR OPTIMIZING PROCESSES OF ELECTRICAL DESALTING AND DEHYDRATION DURING PRIMARY OIL PROCESSING.....	224
S.Serikbayeva, M.Bolsynbek, A. Abduvalova, A. Abdykhalyk, D. Anuarbek	
APPLICATION OF MACHINE LEARNING TO PREDICT SOIL QUALITY: ALGORITHMS AND TECHNIQUES.....	237
A. Tanirbergenov, Zh. Tashhurekova, S. Serikbayeva, A. Shorayev, A. Abduvalova	
METHODS OF CONSTRUCTING A MODEL AND AN INFORMATION SYSTEM FOR SEARCHING FULL-TEXT DOCUMENTS.....	253
A.Ə. Taurbekova, O.Zh. Mamyrbayev, K.Zh. Doshtaev, T.K. Eginbaykyzy	
HYDRODYNAMIC INSTABILITY MECHANISM PROCESS FOR ASSESSMENT SEISMIC ACTIVITY.....	268
N.T. Turzhanov, Sh.K. Yelezhanova, S.N. Idrissov, Zh.K. Dyusseminina	
DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE COURSE REENGINEERING OF INFORMATION PROCESSES.....	290
V. Shevtsov, A. Ismailova, Zh. Beldeubayeva, A. Satybaldiyeva, A. Nurpeisova	
MLVA AS A METHOD OF GENOTYPING AND ALGORITHMS FOR ITS IMPLEMENTATION USING GENOME-WIDE DATA.....	300
A.A. Shekerbek, A.A. Nekesova, Zh.Zh. Moldasheva, A.I. Ongarbayeva, A. Tokhaeva	
ANALYSIS OF PATHOLOGICAL CONDITIONS OF THE LUNG USING THE FRACTAL METHOD.....	313

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

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Подписано в печать 28.12.2023.

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

21,0 п.л. Тираж 300. Заказ 4.