

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. 1 (25). 2026
January–March

**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ
ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ**

2020 жылдан бері шығарылады
Том 7. 1 (25). 2026
Қаңтар–Наурыз

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Издается с 2020 г.
Том 7. 1 (25). 2026
Январь–Март

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)

Bakhtgerai 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 Sansyzbay — 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 Түлегеновна — 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)

Лучино 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 Мұхтарбай 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 Тоқсуажасвич — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті цифрландыру және инновациялар жөніндегі проректор (Қазақстан)

Синчев Бахтгерей Кусанович — техника ғылымдарының докторы, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Сейлова Нургуль Абадуллаевна — 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)

Абикаликова Замира Тұрсынбаевна — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті экономика және бизнес кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Дамеля Максұтовна Ескендірова — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Ниязгулова Айгуль Аскарбековна — филология ғылымдарының кандидаты, доцент, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті медиакоммуникация және Қазақстан тарихы кафедрасының меңгерушісі (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 меңгерушісі (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)

Тадеш 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)

Бушуев Сергей Дмитриевич — техника ғылымдарының докторы, профессор, Украинаның "УКРНЕТ" жобаларды басқару қауымдастығының директоры, Киев ұлттық құрылыс және сулест университеті жобаларды басқару кафедрасының меңгерушісі (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)

Дамеуш Максустовна Ескендирова — 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 Сахиябай — кандидат технических наук, профессор, профессор-исследователь кафедры компьютерной инженерии, Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Алимсиреб 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)

Белошицкая 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 социо-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 SOCIOECONOMIC SYSTEMS

A.B. Zhalgas, Y.N. Kalpakov, B.Ye. Amirgaliyev MACHINE LEARNING-DRIVEN OPTIMIZATION OF LOGISTICS IN SMART CITIES: A CASE STUDY OF ASTANA	11
L. Kurmangazyeva, Sh. Kodanova, M. Urazgaliyeva, O. Findik, S. Iskakova INTEGRATING FUZZY LOGIC AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN OPTIMIZING BUSINESS PROCESS AUTOMATION DECISIONS	26
Y. Mailybayev, U. Adilbayeva, R. Amanova ORGANIZATION OF AN ONLINE SURVEY OF PARTICIPANTS IN THE EDUCATIONAL PROCESS AND ANALYSIS OF THE RESULTS BASED ON THE MODIFIED DELPHI METHOD	48
V.A. Takizhanov, A.Z. Ibragimov, A. Shalakhmetov SIMULATION-BASED ROBUSTNESS ASSESSMENT OF ASTANA'S BUS NETWORK UNDER RANDOM AND TARGETED FAILURES	63
G. Hamada, M. Hamada LEVERAGING MACHINE LEARNING MODELS TO BOOST THE MANIPULATION OF UNSTRUCTURED DECISIONS AND UNSTRUCTURED DATA IN DIGITAL BUSINESS FIRMS	78

INFORMATION TECHNOLOGY

M. Zh. Aitimov, G. K. Muratova, Zh. K. Bissenbayeva, I.M. Bapiyev, M. Kassim SEMANTIC COMPLETENESS IN KAZAKH-LANGUAGE EXTRACTIVE QA THROUGH ONTOLOGY AND RETRIEVAL MECHANISMS	96
A.Aitim, A. Auyezova ENCODING NP-COMPLETE PROBLEM INSTANCES INTO NATURAL LANGUAGE FOR LLM PROCESSING	109
O.N. Akylbekov, Y.T. Dauletbek, A.N. Moldagulova, G.S. Zakariya, D.A. Gura MACHINE LEARNING METHODS FOR ANALYSING THREE-DIMENSIONAL SPATIAL DATA IN KAZAKHSTAN'S LAND USE PLANNING	126
S.Zh. Aliaskarov, R.K. Uskenbayeva, A. Razaque, A.B. Kassymova, A.M. Anartayeva TOWARDS EFFICIENT BIG DATA ANALYTICS IN REGIONAL SYSTEMS: PRACTICAL INSIGHTS FROM HYBRID ARCHITECTURE DEPLOYMENT	146
Zh. Bilyalova, N. Shazhdekeyeva, K. Uteulyeva, T.Akhmurzina, L. Nurgaliyeva A MATHEMATICAL MODEL FOR DECISION-MAKING UNDER UNCERTAINTY HYBRID BASED ON FUZZY LOGIC AND GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE	165
A. Ismailova, G. Yessenbayeva, K. Kadyrkulov, R. Moldasheva, A. Amangeldi DEVELOPMENT OF A HYBRID DEEP LEARNING MODEL FOR MULTICLASS CLASSIFICATION OF MICROSCOPIC IMAGES OF BACTERIA	186
G. Kalman, J. Kultan, A.N. Ismukamova, N.M. Ausilova, Y.V. Makhatova A DOMAIN-KNOWLEDGE-BASED MODEL FOR REFERENCE RESOLUTION IN LOW-RESOURCE LANGUAGES.....	199
Y. Kamen, Zh. Yessendauletova, L. Fazylova, M. Rakhimzhanova, A.M. Nedzved USING NEURAL NETWORKS FOR OBJECTIVE ASSESSMENT OF ATTENTION IN CHILDREN BASED ON EEG DATA	216
A.Ye. Kulakayeva, Ye.A. Bakhtiyarova, G.T. Jakanova, Sh. Nursultan COMPARATIVE ANALYSIS OF VARIOUS RADIO WAVE PROPAGATION MODELS FOR MOBILE NETWORK COVERAGE PREDICTION	231
A. Kalykulova, K. Bakirov, A. Shoman, A. Nugumanova FORMATION OF A UNIFIED DATA SET FOR ANALYZING THE RELATIONSHIP BETWEEN DOG BREEDS AND DISEASES	247
D. Kantayeva, A. Seisenbekkyzy, S. Biloshchytska COMPARATIVE EVALUATION MODEL BASED ON EXPERT SYSTEMS FOR ABSTRACTIVE SUMMARIZATION OF SCIENTIFIC TEXTS	269
N. Mordvintsev, Zh. Oralbekova, A. Bakiyeva DEEP LEARNING-BASED VEHICLE MAKE AND MODEL RECOGNITION: DATASET CHALLENGES	

AND INFLUENCING FACTORS IN URBAN TRAFFIC	269
M.B. Nurpeissova, Sh.K. Aitkazinova, A.M. Abenov, N.S. Donenbayeva	
METHODOLOGY FOR TRANSFORMING SATELLITE COORDINATES INTO A TOPOCENTRIC RECTANGULAR COORDINATE SYSTEM	315
L. Naizabayeva, G. Turken, R.A. Druba	
EFFECTIVE METHOD FOR OPTIMAL CLUSTERING IN UNSUPERVISED LEARNING	328
S. Nurgaliyeva, Zh. Seitkaliyev, A. Sakhipov, M. Kali, R. Hrmo	
YIELD FORECASTING FOR FRUITS AND VEGETABLES USING RANDOM FOREST ON LARGE- SCALE AGROCLIMATIC DATA	339
A. Nurgalykov, S. Sapakova, D. Zhalmukhanbetov, G. Nurgazy, A. Myrzabayev	
LANGUAGE ASYMMETRY IN LLMS: THE IMPACT OF NON-ENGLISH DATA ON ACCURACY AND RELIABILITY	355
A. Ospanov, P. Alonso-Jordá, A. Zhumadillayeva	
BLOCKCHAIN-ENABLED ERP WAREHOUSE INTEGRATION WITH IOT DIMENSIONERS AND MACHINE LEARNING–OPTIMIZED DIMENSIONAL WEIGHT RECONCILIATION	371
A.A. Sakhipov, R.B. Seıitbek	
EVENT-DRIVEN MICROSERVICES FOR INCIDENT DETECTION AND RESPONSE IN INTELLIGENT TRAFFIC SYSTEM	387
A. Tursynova, B. Omarov	
EVOLUTION OF THE EFFECTIVENESS OF CONDITIONAL GAN FOR THE SYNTHESIS OF CT IMAGES OF THE BRAIN IN THE DIAGNOSIS OF STROKE	400
G. Yusupova, K.S. Shadinova, D. Ussipbekova, Zh.Zh. Azhibekova, P. Schmidt	
DETERMINATION OF SOIL PROFILE STRATIFICATION AT 0–200 CM DEPTH USING A MULTILEVEL STACKING MODEL	414

INFORMATION SECURITY AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

S.A. Adilzhanova, M.Zh. Sakypbekova, L.Sh. Cherikbaeva, G.A. Tyulepberdinova, G.T. Zhubanysheva	
SYSTEMATIC ANALYSIS OF RISK ASSESSMENT METHODS AND MODELS IN INFORMATION SECURITY.....	427
T. K. Zhukabayeva, D.B. Baumuratova, E. Benkhelifa , N.A. Niyetbayeva	
EDGE COMPUTING-BASED TECHNIQUE FOR CONSTRUCTION OF ATTACK DETECTION MEANS IN CYBER-PHYSICAL SYSTEMS OF INDUSTRIAL INTERNET-OF-THINGS	453
N.E. Karabayev, S.K. Serikbayeva, Y.M. Mardenov, B. Tassuov, M. Fajkus	
DETECTION OF CYBER ATTACKS IN TRANSPORT NETWORKS BASED ON MACHINE LEARNING METHODS	475
B.A. Kumalakov, A.O. Dargulova	
A HYBRID FRAMEWORK FOR RESUME-JOB MATCHING SYSTEM	494
V. Makhatova, B. Dzhugembayeva, A. Gabdulova, L. Nurgaliyeva, A. Abdigaliyeva	
MATHEMATICAL MODEL FOR OPTIMAL SENSOR SELECTION IN SIEM SYSTEMS USING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS	509

МАЗМУНЫ

ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ДАМУДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

А.Б. Жалғас, Е.Н. Калпаков, Б.Е. Амиргалиев	
АҚЫЛДЫ ҚАЛАЛАРДАҒЫ ЛОГИСТИКАНЫ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУҒА НЕГІЗДЕЛГЕН ОҢТАЙЛАНДЫРУ: АСТАНАНЫҢ ЖАҒДАЙЫН ЗЕРТТЕУ.....	11
Л.Қурманғазиева, Ш. Қоданова, М. Уразғалиева, О. Findik, С. Искакова	
ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ПЕН АЙҚЫН ЕМЕС ЛОГИКАНЫ БІРІКТІРУ АРҚЫЛЫ БИЗНЕС- ПРОЦЕСТЕРДІ АВТОМАТТАНДЫРУ ШЕШІМДЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ	26
Е. Майлыбаев, У. Адилбаева, Р. Аманова	
ҰЙЫМДАСТЫРЫЛҒАН ОНЛАЙН САУАЛНАМА АРҚЫЛЫ БІЛІМ БЕРУ ПРОЦЕСІНЕ ҚАТЫСУШЫЛАРДЫҢ ПІКІРЛЕРІН ЖИНАУ ЖӘНЕ НӘТИЖЕЛЕРІН МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ДЕЛЬФИ ӘДІСІ НЕГІЗІНДЕ ТАЛДАУ	48
В.А. Такижанов, А.Ж. Ибрагимов, А. Шалахметов	

МОДЕЛЬДЕУ НЕГІЗІНДЕ АСТАНАНЫҢ АВТОБУС ЖЕЛІСІНІҢ ТҮРАҚТЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ: КЕЗДЕЙСОҚ ЖӘНЕ МАҚСАТТЫ ІСТЕН ШЫҒУЛАР ЖАҒДАЙЫНДА	63
Г. Хамада, М. Хамада ЦИФРЛЫҚ БИЗНЕС-ҰЙЫМДАРЫНДА ҚҰРЫЛЫМДАЛМАҒАН ШЕШІМДЕР МЕН ҚҰРЫЛЫМДАЛ- МАҒАН ДЕРЕКТЕРМЕН ЖҰМЫС ІСТЕУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ МОДЕЛЬДЕРІН ПАЙДАЛАҢУ	78

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

М.Ж. Айтимов, Г.К. Муратова, Ж.К. Бисенбаева, И.М. Бапиев, М. Кассим ОНТОЛОГИЯ ЖӘНЕ ІЗДЕУ МЕХАНИЗМДЕРІ АРҚЫЛЫ ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ ЭКСТРАКЦИЯЛЫҚ QA-ДАҒЫ СЕМАНТИКАЛЫҚ ТОЛЫҚТЫҚ	96
Ә. Әйтiм, Ә. Әуезова LLM ӨНДЕУІ ҮШІН NP-ТОЛЫҚ ЕСЕПТЕРДІҢ ЭКЗЕМПЛЯРЛАРЫН ТАБИҒИ ТІЛДЕ КОДТАУ	109
О.Н. Ақылбеков, Е.Т. Даулетбек, А.Н. Молдагулова, Г.С. Закария, Д.А. Гура ҚАЗАҚСТАННЫҢ АУМАҚТЫҚ ЖОСПАРЛАУЫНДАҒЫ ҮШ ӨЛШЕМДІ КЕҢІСТІКТІК МӘЛІМЕТТЕРДІ ТАЛДАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІ	126
С.Ж. Алиаскаров, Р.К. Ускенбаева, А. Разак, А.Б. Касымов, А.М. Анартаева АЙМАҚТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ ҮЛКЕН ДЕРЕКТЕРДІ ТИІМДІ ТАЛДАУҒА ҚАРАЙ: ГИБРИДТІ АРХИТЕКТУРАНЫ ЕНГІЗУДІҢ ПРАКТИКАЛЫҚ ТҮСІНІКТЕР.....	146
Ж. Билялова, Н. Шаждекеева, К. Өтеулиева, Т. Ахмурзина, Л. Нұрғалиева АЙҚЫН ЕМЕС ЛОГИКА ЖӘНЕ ГЕНЕРАТИВТІ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕ БЕЛГІСІЗДІК ЖАҒДАЙЫНДА ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУДЫҢ ГИБРИДТІ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ	165
А.А. Исмаилова, Г.Р. Есенбаева, К.К. Кадиркулов, Р.Н. Молдашева, А. Амангелді РОСКОПИЯЛЫҚ БЕЙНЕЛЕРІН КӨПКЛАССТЫ ЖІКТЕУГЕ АРНАЛҒАН ГИБРИДТІ ТЕРЕҢ ОҚЫТУ МОДЕЛІН ӨЗІРЛЕУ	186
Г. Қалман, К. Ярослав, А.Н. Исмуханова, Н.М. Аусилова, В.Е. Махатова ПӘНДІК САЛА БІЛІМ НЕГІЗІНДЕ РЕУСРСТАРЫ АЗ ТІЛДЕРДЕГІ РЕФЕРЕНЦИЯНЫ ШЕШУДІҢ МОДЕЛІ.....	199
Е.Г. Кәмен, Ж.Т. Есендаулетова, Л.С. Фазылова, М.Б. Рахимжанова, А.М. Недзьведь ЭЭГ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША БАЛАЛАРДЫҢ ЗЕЙІНІН ОБЪЕКТИВТІ БАҒАЛАУ ҮШІН НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІЛЕРДІ ҚОЛДАНУ	216
А.Е. Құлакаева, Е.А. Бахтиярова, Г.Т. Джаканова, Ш. Нұрсұлтан ҰЯЛЫ БАЙЛАНЫС ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ҚАМТУ АЙМАҒЫН БОЛЖАУҒА АРНАЛҒАН ӨРТҮРЛІ РАДИОТӨЛҚЫН ТАРАЛУ МОДЕЛЬДЕРІНІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУЫ	231
А. Калыкулова, К. Бакиров, А. Шоман, А. Нугуманова ИТ ТҰҚЫМДАРЫ МЕН АУРУЛАРЫ АРАСЫНДАҒЫ БАЙЛАНЫСТЫ ТАЛДАУҒА АРНАЛҒАН БЫРЫҒАЙ ДЕРЕКТЕР ЖИЙНТЫҒЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ	247
Д. Кантаева, А. Сейсенбекқызы, С. Билощницкая ҒЫЛЫМИ МӘТІНДЕРДІ АБСТРАКТИВТІ РЕФЕРАТТАУҒА АРНАЛҒАН ЭКСПЕРТТІК ЖҮЙЕЛЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН САЛЫСТЫРМАЛЫ БАҒАЛАУ МОДЕЛІ	269
Н. Мордвинцев, Ж. Оралбекова, А. Бакиева ТЕРЕҢ ОҚЫТУҒА НЕГІЗДЕЛГЕН КӨЛІК ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ МАРКАСЫ МЕН МОДЕЛІН ТАҢУ: ҚА- ЛАЛЫҚ КӨЛІК ҚОЗҒАЛЫСЫНДАҒЫ ДЕРЕКТЕР ЖИЙНТЫҒЫНЫҢ МӘСЕЛЕЛЕРІ ЖӘНЕ ЫҚПАЛ ЕТУШІ ФАКТОРЛАР	285
М.Б. Нұрпейісова, Ш.Қ. Айтқазина, А.М. Абенев, Н.С. Дөненбаева СПУТНИКТІК КООРДИНАТТАРДЫ ТОПОЦЕНТРЛІК ТІК БҰРЫШТЫ КООРДИНАТТАР ЖҮЙЕСІНЕ ТҮРЛЕНДІРУДІҢ ӘДІСТЕМЕСІ	315
Л. Найзабаева, Г. Түркен, Р.А. Друба БАҚЫЛАНБАЙТЫН ОҚЫТУДАҒЫ ОҢТАЙЛЫ КЛАСТЕРЛЕУДІҢ ТИІМДІ ӘДІСІ	328
С. Нұрғалиева, Ж. Сенткалиев, А. Сахипов, М. Кали, Р. Грмо ҮЛКЕН КӨЛЕМДЕГІ АГРОКЛИМАТТЫҚ ДЕРЕКТЕР НЕГІЗІНДЕ RANDOM FOREST ӘДІСІН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП, ЖЕМІС-КӨКӨНІС ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІН БОЛЖАУ	339
А. Нұрғалықов, С. Сапакова, Д. Жалмұханбетов, Г. Нұрғазы, А. Мырзабаев ҮЛКЕН ТІЛДІК МОДЕЛЬДЕРДЕГІ ТІЛДІК АСИММЕТРИЯ: АҒЫЛШЫН ТІЛІНЕН БАСҚА ДЕРЕКТЕРДІҢ ДӘЛДІК ПЕН СЕНІМДІЛІККЕ ӘСЕРІ	355
А. Оспанов, П. Алонсо-Хорда, А. Жұмаділлаева	

БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИЯСЫМЕН ЫҚПАЛДАС ERP ҚОЙМА ЖҮЙЕСІН ІОТ ДИМЕНСИОНЕРЛЕР ЖӘНЕ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АРҚЫЛЫ ОПТИМИЗАЦИЯЛАНҒАН ӨЛШЕМДІ САЛМАҚ ЕСЕПТЕУМЕН ИНТЕГРАЦИЯЛАУ	371
А.А. Сахипов, Р.Б. Сейітбек	
ОҚИҒАҒА БАҒДАРЛАНҒАН МИКРОҚЫЗМЕТТЕР ЖҮЙЕСІ АРҚЫЛЫ АҚЫЛДЫ ТРАФИК ЖҮЙЕЛЕРІНДЕ ОҚИҒАЛАРДЫ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ ШАРАЛАР ҚОЛДАНУ	387
А. Турсынова, Б. Омаров	
ИНСУЛЬТТИ ДИАГНОСТИКАЛАУ КЕЗІНДЕ МИ КТ-БЕЙНЕЛЕРІН СИНТЕЗДЕУГЕ АРНАЛҒАН ШАРТТЫ ҒАН ТИІМДІЛІГІНІҢ ЭВОЛЮЦИЯСЫ	400
Г.М. Юсупова, К.С. Шадинова, Д.И. Усипбекова, Ж.Ж. Ажибекова, Р. Schmidt	
ТОПЫРАҚ ПРОФИЛІНІҢ 0–200 СМ ТЕРЕНДІКТЕГІ СТРАТИФИКАЦИЯСЫН КӨПДЕНГЕЙЛІ СТЕКИНГ-МОДЕЛІМЕН АНЫҚТАУ.....	414

АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН

С.А. Адилжанова, М.Ж. Сақыпбекова, Л.Ш. Черикбаева, Г.А. Түлепбердинова, Г.Т. Жубанышева АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІКТЕ ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАҒАЛАУ ӘДІСТЕРІ МЕН МОДЕЛЬДЕРІН ЖҮЙЕЛІ ТАЛДАУ.....	427
Т.К. Жукабаева, Д. Б. Баумуратова, Е. Бенкхелифа, Н.А. Ниетбаева ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕПТЕУЛЕРДІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ЗАТТАРДЫҢ ӨНЕРКӘСІПТІК ИНТЕРНЕТІНІҢ КИБЕРФИЗИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ ШАБУЫЛДАРДЫ АНЫҚТАУ ҚҰРАЛДАРЫН ҚҰРУ ӘДІСТЕМЕСІ.....	453
Н.Е. Қарабаев, С.К. Серикбаева, Е.М. Марденов, Б. Тасуов, М. Файқус МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН КӨЛІК ЖЕЛІЛЕРІНДЕГІ КИБЕРШАБУЫЛДАРДЫ АНЫҚТАУ	475
Б.А. Кумалаков, А.О. Даргулова	
ТҮЙІНДЕМЕЛЕР МЕН ВАКАНСИЯЛАРДЫ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН СӘЙКЕСТЕНДІРУГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ГИБРИДТІ ҮМІТКЕРЛЕРДІ ІРІКТЕУ ЖҮЙЕСІ	494
В. Махатова, Б. Джугембаева, А. Габдулова, Л. Нургалиева, А. Абдигалиева ИЕРАРХИЯЛАРДЫ ТАЛДАУ ӘДІСІ НЕГІЗІНДЕ SIEM ЖҮЙЕЛЕРІНДЕ ОҢТАЙЛЫ СЕНСОРДЫ ТАҢДАУДЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ	509

СОДЕРЖАНИЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВИТИИ СОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.Б. Жалғас, Е.Н. Калпаков, Б.Е. Амиргалиев ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИКИ В УМНЫХ ГОРОДАХ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ: НА ПРИМЕРЕ АСТАНЫ	11
Л. Курмангазиева, Ш. Коданова, М. Уразгалиева, О. Финдик, С. Исакова ИНТЕГРАЦИЯ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕШЕНИЙ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ	26
Е. Майлыбаев, У. Адилбаева, Р. Аманова СБОР МНЕНИЙ УЧАСТНИКОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПОСРЕДСТВОМ ОРГАНИЗОВАННОГО ОНЛАЙН-АНКЕТИРОВАНИЯ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА ДЕЛЬФИ	48
В.А. Такижанов, А.Ж. Ибрагимов, А. Шалахметов ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ АВТОБУСНОЙ СЕТИ АСТАНЫ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ СЛУЧАЙНЫХ И ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННЫХ ОТКАЗАХ	63
Г. Хамада, М. Хамада ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ С НЕСТРУКТУРИРОВАННЫМИ РЕШЕНИЯМИ И НЕСТРУКТУРИРОВАННЫМИ ДАННЫМИ В ЦИФРОВЫХ БИЗНЕС-ОРГАНИЗАЦИЯХ	78

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

М.Ж. Айтимов, Г.К. Муратова, Ж.К. Бисенбаева, И.М. Бапиев, М. Кассим

СЕМАНТИЧЕСКАЯ ПОЛНОТА В КАЗАХСКОЯЗЫЧНОМ EXTRACTIVE QA ЧЕРЕЗ ОНТОЛОГИЮ И RETRIEVAL-МЕХАНИЗМЫ	96
А. Айтим, А. Ауезова КОДИРОВАНИЕ ЭКЗЕМПЛЯРОВ NP-ПОЛНЫХ ЗАДАЧ В ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ LLM	109
О.Н. Акылбеков, Е.Т. Даулетбек, А.Н. Молдагулова, Г.С. Закария, Д.А. Гура МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ТРЁХМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ ПЛАНИРОВАНИИ КАЗАХСТАНА	126
С.Ж. Алиаскаров, Р.К. Ускенбаева, А. Разак, А.Б. Касымова, А.М. Анартаева НА ПУТИ К ЭФФЕКТИВНОЙ АНАЛИТИКЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ: ПРАКТИЧЕСКИЕ ВЫВОДЫ ИЗ ВНЕДРЕНИЯ ГИБРИДНОЙ АРХИТЕКТУРЫ	146
Ж. Билялова, Н. Шаждекеева, К. Утеулиева, Т. Ахмурзина, Л. Нурғалиева ГИБРИДНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ И ГЕНЕРАТИВНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	165
А.А. Исмаилова, Г.Р. Есенбаева, К.К. Кадиркулов, Р.Н. Молдашева, А. Амангелды РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ МОДЕЛИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ МНОГОКЛАССОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ БАКТЕРИЙ	186
Г. Калман, К. Ярослав, А.Н. Исмуханова, Н.М. Аусилова, В.Е. Махатова МОДЕЛЬ НА ОСНОВЕ ЗНАНИЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ РАЗРЕШЕНИЯ КОРЕФЕРЕНЦИИ В МАЛОРЕСУРСНЫХ ЯЗЫКАХ	199
Е.Г. Камен, Ж.Т. Есендаулетова, Л.С. Фазылова, М.Б. Рахимжанова, А.М. Недзведь ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ ВНИМАНИЯ У ДЕТЕЙ ПО ДАННЫМ ЭЭГ	216
А.Е. Кулакаева, Е.А. Бахтиярова, Г.Т. Джаканова, Ш. Нурсултан СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЯ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ	231
А. Калыкулова, К. Бакиров, А. Шоман, А. Нугуманова ФОРМИРОВАНИЕ ЕДИНОГО НАБОРА ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ПОРОДАМИ СОБАК И ЗАБОЛЕВАНИЯМИ	247
Д. Кантаева, А. Сейсенбеккызы, С. Билощицкая СРАВНИТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ АБСТРАКТИВНОГО РЕФЕРИРОВАНИЯ НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ	269
Н. Мордвинцев, Ж. Оралбекова, А. Бакиева РАСПОЗНАВАНИЕ МАРКИ И МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ: ПРОБЛЕМЫ НАБОРОВ ДАННЫХ И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАБОТУ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОГО ДВИЖЕНИЯ	285
М.Б. Нурпеисова, Ш.К. Айтказинова, А.М. Абенов, Н.С. Доненбаева МЕТОДИКА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ КООРДИНАТ В ТОПОЦЕНТРИЧЕСКУЮ ПРЯМОУГОЛЬНУЮ СИСТЕМУ КООРДИНАТ	315
Л. Найзабаева, Г. Туркен, Р.А. Друба ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОПТИМАЛЬНОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ В ОБУЧЕНИИ БЕЗ УЧИТЕЛЯ	328
С. Нурғалиева, Ж. Сенткалиев, А. Сахипов, М. Кали, Р. Грмо ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ФРУКТОВ И ОВОЩЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ RANDOM FOREST НА ОСНОВЕ КРУПНОМАСШТАБНЫХ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ	339
А. Нурғалыков, С. Сапакова, Д. Жалмуханбетов, Г. Нургазы, А. Мырзабаев ЯЗЫКОВАЯ АСИММЕТРИЯ В БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЯХ: ВЛИЯНИЕ ДАННЫХ НА НЕАНГЛИЙСКИХ ЯЗЫКАХ НА ТОЧНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ	355
А. Оспанов, П. Алонсо-Хорда, А. Жумадилаева ИНТЕГРАЦИЯ СКЛАДСКИХ МОДУЛЕЙ ERP-СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛОКЧЕЙНА, ИОТ-ДИМЕНСИОНЕРОВ И ОПТИМИЗИРОВАННОГО МАШИНЫМ ОБУЧЕНИЕМ РАСЧЁТА ГАБАРИТНОГО ВЕСА	371
А.А. Сахипов, Р.Б. Сейитбек СОБЫТИЯ-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МИКРОСЕРВИСЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И РЕАГИРОВАНИЯ НА ИНЦИДЕНТЫ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ	387
А. Тұрсынова, Б. Омаров ЭВОЛЮЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСЛОВНОГО GAN ДЛЯ СИНТЕЗА КТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ ГОЛОВНО-	

ГО МОЗГА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ИНСУЛЬТА	400
Г.М. Юсупова, К.С. Шадинова, Д.И. Усипбекова, Ж.Ж. Ажибекова, П. Шмидт	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРАТИФИКАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ НА ГЛУБИНЕ 0–200 СМ С	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ МНОГОУРОВНЕВОГО НАЛОЖЕНИЯ	414

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

С.А. Адилжанова, М.Ж. Сакыпбекова, Л.Ш. Черикбаева, Г.А. Тюлепбердинова, Г.Т. Жубанышева	
СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ	
БЕЗОПАСНОСТИ	427
Т.К. Жукабаева, Д.Б. Баумуратова, Е. Бенкхелифа, Н.А. Ниембаева	
МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ АТАК В КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	
ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАНИЧНЫХ	
ВЫЧИСЛЕНИЙ	453
Н.Е. Карабаев, С.К. Серикбаева, Е.М. Марденов, Б. Тасуов, М. Файкус	
ОБНАРУЖЕНИЕ КИБЕРАТАК В ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЯХ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО	
ОБУЧЕНИЯ	475
Б.А. Кумалаков, А.О. Даргулова	
ГИБРИДНЫЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ ПОДБОРУ КАНДИДАТОВ НА ОСНОВЕ	
СОПОСТАВЛЕНИЯ РЕЗЮМЕ И ВАКАНСИЙ	494
В. Махатова, Б. Джугембаева, А. Габдулова, Л. Нургалиева, А. Абдигалиева	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО СЕНСОРА В SIEM-СИСТЕМАХ	
СРЕДСТВАМИ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ	509

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 7. Is.2. Number 26 (2026). Pp. 328–338

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

<https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.019>

EFFECTIVE METHOD FOR OPTIMAL CLUSTERING IN UNSUPERVISED LEARNING

L. Naizabayeva¹, G. Turken^{2*}, R.A. Druba²

¹International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan;

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: Turken.gulzat@gmail.com

Lyazat Naizabayeva — Doctor of Technical Sciences, Professor, International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-4860-7376>;

Gulzat Turken — Senior Lecturer, Department of Computer Science, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

Email: Turken.gulzat@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4981-514X>;

Rahim Ahmed Druba — Bachelor's student, Department of Computer Science, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0009-0001-2177-9960>.

© L. Naizabayeva, G. Turken, R.A. Druba

Abstract. K-Means is one of the most common clustering methods, but it has a serious limitation. It needs the number of clusters (k) to be set before running, and the wrong choice may lead to weak results. To deal with this problem, the so-called Dual Mean Approach is introduced within the paper. Unlike standard techniques, it does not fix k in advance but seeks the best k by considering together two measures: the average distance between points inside a cluster and the average distance between points from different clusters. The use of both at the same time allows seeing more clearly into the structure of the data. The main idea is to balance compactness within clusters and separation between clusters. Tests on a few benchmark datasets show that this approach manages to estimate k values that are close to the actual labels. It also results in more consistent results when compared to the Elbow Method.

Keywords: Data mining, Optimal Cluster Determination, K-Means Clustering, Dual Mean Method

For citation: Naizabayeva L., Turken G., Druba R.A. (2026). Effective method for optimal clustering in unsupervised learning // International journal of information and communication technologies. Vol. 7. No. 25. Pp. 328-338. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.25.1.019>. (In Eng.).

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

БАҚЫЛАНБАЙТЫН ОҚЫТУДАҒЫ ОҢТАЙЛЫ КЛАСТЕРЛЕУДІҢ ТИІМДІ ӘДІСІ

Л. Найзабаева¹, Г. Түркен^{2*}, Р.А. Друба²

¹Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан;

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: Turken.gulzat@gmail.com

Найзабаева Лязат — техникалық ғылымдар докторы, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-4860-7376>;

Түркен Гүлзат — аға оқытушы, Компьютерлік ғылымдар кафедрасы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

Email: Turken.gulzat@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4981-514X>;

Друба Рахим Ахмед — бакалавриат студенті, Компьютерлік ғылымдар кафедрасы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
<https://orcid.org/0009-0001-2177-9960>.

© Л. Найзабаева, Г. Түркен, Р.А. Друба

Аннотация. K-Means — кластерлеудің кеңінен қолданылатын әдістерінің бірі, алайда оның елеулі шектеуі бар. Әдісті іске қоспас бұрын кластерлердің санын (k) алдын ала белгілеу қажет, ал оның дұрыс таңдалмауы кластерлеу нәтижелерінің сапасының төмендеуіне әкелуі мүмкін. Осы мәселені шешу мақсатында мақалада Dual Mean Approach (Қос орташа мән тәсілі) ұсынылады. Дәстүрлі әдістерден айырмашылығы, бұл тәсіл k мәнін алдын ала бекітпей, екі көрсеткішті — кластер ішіндегі нүктелер арасындағы орташа қашықтықты және әртүрлі кластерлерге жататын нүктелер арасындағы орташа қашықтықты — бірлесіп талдау арқылы оңтайлы k мәнін анықтайды. Екі көрсеткішті қатар пайдалану деректер құрылымын неғұрлым нақты анықтауға мүмкіндік береді. Әдістің негізгі идеясы кластерлердің ішкі жинақылығын және олардың бір-бірінен ажырау дәрежесін теңгеруге негізделеді. Бірнеше эталондық деректер жиынтығында жүргізілген эксперименттік сынақтар ұсынылған тәсілдің нақты таңбаланған кластерлер санына жақын k мәндерін тиімді бағалай алатынын көрсетті. Сонымен қатар, ұсынылған әдіс Elbow Method әдісімен салыстырғанда неғұрлым тұрақты нәтижелер береді.

Түйінді сөздер: деректерді интеллектуалды талдау, кластерлердің оңтайлы санын анықтау, K-Means кластерлеуі, Dual Mean әдісі.

Дәйексөздер үшін: Найзабаева Л., Түркен Г., Друба Р.А. (2026). Бақыланбайтын оқытудағы оңтайлы кластерлеудің тиімді әдісі // Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы. Т. 7. No 25. Б. 328–338. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.25.1.019>. (Ағыл. тіл.).

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

ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОПТИМАЛЬНОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ В ОБУЧЕНИИ БЕЗ УЧИТЕЛЯ

Л. Найзабаева¹, Г. Туркен^{2*}, Р.А. Друба²

¹Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан;

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан.

E-mail: Turken.gulzat@gmail.com

Найзабаева Лязат — доктор технических наук, профессор, Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан
<https://orcid.org/0000-0002-4860-7376>;

Туркен Гульзат — старший преподаватель, кафедра компьютерных наук, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
E-mail: Turken.gulzat@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4981-514X>;

Друба Рахим Ахмед — студент бакалавриата, кафедра компьютерных наук, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
<https://orcid.org/0009-0001-2177-9960>.

© Л. Найзабаева, Г. Туркен, Р.А. Друба

Аннотация. K-Means является одним из наиболее распространённых методов кластеризации, однако он имеет существенное ограничение. Перед запуском алгоритма необходимо заранее задать количество кластеров (k), и неправильный выбор данного значения может привести к низкому качеству результатов. Для решения этой проблемы в статье предлагается метод двойного среднего значения (Dual Mean Approach). В отличие от стандартных методов, данный подход не фиксирует значение k заранее, а определяет его оптимальное значение посредством совместного рассмотрения двух показателей: среднего расстояния между точками внутри кластера и среднего расстояния между точками, принадлежащими различным кластерам. Одновременное использование этих показателей позволяет более точно выявить структуру данных. Основная идея метода заключается в обеспечении баланса между компактностью кластеров и их разделимостью. Результаты тестирования на нескольких эталонных наборах данных показали, что предложенный подход позволяет оценивать значения k , близкие к фактическому количеству кластеров. Кроме того, по сравнению с методом локтя (Elbow Method) он обеспечивает более стабильные результаты.

Ключевые слова: интеллектуальный анализ данных, определение оптимального количества кластеров, кластеризация K-Means, метод двойного среднего значения

Для цитирования: Найзабаева Л., Туркен Г., Друба Р.А. (2026). Эффектив-



ный метод оптимальной кластеризации в обучении без учителя // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. Т. 7. No. 25. Стр. 328-338. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.25.1.019>. (На англ.).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Introduction.

Cluster analysis is crucial in anomaly detection, where it helps identify outliers or unusual patterns in data, such as fraudulent transactions in finance or faults in industrial systems. Clustering is not an easy endeavor, as it depends on several factors such as the choice of the features to be considered as well as on the type of method to be adopted (Tokuda et al., 2022). In the context of the accelerating digitalization of economic processes, the integration of statistical analysis into the operational activities of enterprises is becoming critical for maintaining their competitiveness (Lyazat Naizabayeva et al., 2024). In natural language processing, clustering may group similar documents or detect the topics within large corpora of text. In healthcare, it helps in patient segmentation to make personalized treatment based on their common characteristics. Besides, clustering techniques in recommendation systems have been widely used so that users with similar preferences will be grouped together, and hence, the presentation of more relevant content can be enabled. Therefore, clustering is adaptable and plays an important role in extracting structure from unlabelled data. Among various types of clustering algorithms, K-Means is one of the most widely used and effective ones. It basically divides data into a given number of clusters regarding similarity. The most frequently used method of measuring similarities is by the Euclidean distance. So, the sum of the squared errors for each cluster is minimized when a good solution is reached. K-Means is preferred due to its simplicity, efficiency, and easy implementation. However, it suffers from some drawbacks-sensitivity to the initial placing of centroids, and the user should specify the value of k in advance. A number of modifications and adaptations have been made for overcoming these challenges with a view to improving clustering accuracy.

Materials and methods.

Related work

To deal with these limits, researchers in different fields have suggested improved algorithms. Their goal is to make clustering more accurate, less sensitive to starting conditions, and more stable across different datasets. Clustering is an important part of data mining because it helps to find patterns and improve decisions. Study (Mahnoor Chaudhry et al., 2023) reviews work on algorithm improvements, evaluation metrics, and optimization strategies to guide researchers and improve clustering results. Research (Wang et al., 2021) introduces extreme clustering, which builds on peak clustering. It can detect low-density clusters better and reduce false noise, showing strong results across datasets and real-world use. The work in (Conceição et al., 2023) combines SHAP values with XGBoost to create interpretable clusters based on feature importance. On a malware dataset, it finds hidden groups that normal clustering misses and improves

explainability through supervised learning. Study (Erich Schubert et al., 2021) speeds up the PAM clustering algorithm by making its SWAP phase up to 1191 times faster while keeping the same clustering quality. This makes PAM more useful for large datasets and many clusters, and also improves related methods like CLARA and CLARANS. Work (Liu et al., 2021) proposes a density and separation metric, similar to the dual mean approach, that estimates the best number of clusters without needing a preset k . This improves accuracy by balancing compactness and separation. Publication (Kim et al., 2022) suggests a new validity index that also balances intra-cluster compactness with inter-cluster separation, improving the reliability of finding the right number of clusters on different datasets. Analysis (de Oliveira et al., 2020) improves the Elbow method with silhouette analysis, allowing automatic selection of the cluster number by balancing cohesion and separation for better accuracy. Publication (Ghosh et al., 2023) introduces a hybrid approach that uses both density and distance metrics to find the optimal cluster count, improving accuracy and adaptability across data types. Finally, analysis (Zhang et al., 2021) presents an automatic k detection method based on the ratio of average intra-cluster to average inter-cluster distance, which is closely related to the Dual Mean approach.

Methodology for optimal K determination

This study presents an improved method for determining the optimal number of clusters (K) in the K-Means clustering algorithm. To validate the effectiveness of the proposed approach, we compared the results with those obtained using the widely adopted Elbow Method on the same datasets. The optimal K values identified by both methods were found to be consistent, demonstrating that the improved method reliably determines the appropriate number of clusters. This validation confirms the method accuracy and practical applicability in enhancing K-Means clustering performance.

Determining the optimal number of clusters k : Average distance within the i -th cluster

$$E_i = \sum_{x \in D_i} \frac{1}{n_i} \sum_{i=1}^k \|x - M_i\|^2 \quad (1)$$

Cluster-interval distance

$$E_0 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \|M_i - M\|^2 \quad (2)$$

Let D_i represent the i -th cluster, n_i be the number of samples in the i -th cluster, and k represents the total number of clusters. M_i is the centroid of the i -th cluster, and M is

the centroid of all the data, the ratio of E_i to E_0 , $\frac{E_i}{E_0}$ is calculated, where:

- E_i represents the intra-cluster error (sum of distances between data points and their cluster centroid);
- E_0 is the total error from the overall data centroid.

When $\frac{E_i}{E_0}$ reaches a local minimum (i.e., decreases the fastest), the optimal number of clusters is determined. However, $\frac{E_i}{E_0}$ in practice, is sometimes not monotonic and may fluctuate. To handle this issue, the two formulas are improved separately. First, the average intra-cluster distance is calculated. This is defined as the average of the sum of distances between the data points in each cluster and the corresponding cluster centroid. The formula is:

$$d = \frac{1}{n} \sum_{x \in D_i} \sum_{i=1}^k \|x - M_i\|^2 \quad (3)$$

Where n is the total number of samples. The smaller the value of d , the more compact the data within the clusters, indicating better clustering performance.

Next, calculate the average inter-cluster distance d_0 . The average inter-cluster distance is defined as the average of the distances between the centroids of each cluster. The formula for calculating d_0 is as follows:

$$d_0 = \frac{2}{k(k-1)} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^k \|M_i - M_j\|^2 (i < j) \quad (4)$$

The larger the inter-cluster distance d_0 , the smaller the similarity between clusters, and the better the clustering performance (Kim et al., 2022). Finally, calculate the ratio of the intra-cluster average distance to the inter-cluster average distance, and name this value the dd value. Its expression is as follows:

$$dd = d/d_0 \quad (5)$$

This value can be used as a criterion for evaluating clustering performance. When the samples within a cluster are compact and the distances between clusters are large, the clustering effect is generally better, and the dd value is smaller. Conversely, if the samples within a cluster are scattered or the distance between clusters is too small, the clustering result is poor, and the dd value increases. The larger the dd value, the worse

the clustering effect. Clearly, when the value reaches a local minimum, the clustering performance is optimal, and the corresponding k is considered the optimal number of clusters. This method of determining k is called the Dual Mean Method.

Improved Algorithm Description

To address the subjectivity and instability in determining the number of clusters k in the traditional K-Means algorithm, this paper proposes an improved method based on the Dual Mean Ratio (dd value) to automatically determine the optimal number of clusters. This approach simultaneously considers intra-cluster compactness and inter-cluster separation, making it more adaptive and accurate. The main steps of the algorithm are as follows:

- Initialization: Set the initial value of k to 1, and calculate the EE value (sum of squared errors or energy function value) at this point.
- Incremental increase of k : Increase k by 1 and recalculate the EE value, recording each result.
- Determine the optimal k : As k increases, run the traditional K-means algorithm for each k value and record the resulting EE values. Choose the k that results in a local minimum of the EE value as the optimal number of clusters, and finalize the k value.
- Select the initial cluster center: Randomly select the first data point from the dataset as the first cluster center.
- Repeat the selection: Continue randomly selecting data points from the dataset until initial cluster centers are chosen.
- Calculate distances: For each sample point in the dataset, calculate the distance to the nearest cluster center, denoted as d_i .
- Update cluster centers: Based on the d_i value for each point, new cluster centers are selected. The selection is based on probability, where the probability is proportional to d_i . In other words, points closer to the current centers are more likely to be selected as new cluster centers.
- Repeat the update: Continue repeating previous step until all cluster centers are selected and updated.
- Run the K-means algorithm: Use the determined optimal k value and the updated initial cluster centers to perform clustering using the traditional K-means algorithm.

Through the above steps, we can implement an enhanced K-means algorithm based on optimized initial cluster centers, improving the efficiency and accuracy of the traditional method.

Results and discussion.

Experimental results and analysis

The experimental environment for this study consists of an Intel CPU, 16 GB of RAM, a 500 GB hard drive, Windows 11 operating system, and R software. To evaluate the improvements of our proposed method compared to previous methods, we conducted a comparison using the Dual Mean method, the EE method from literature (Wang et al.,

2021), and the commonly used Elbow method.

Description of the Improved Algorithm

The K-means algorithm with optimized initial cluster centers can be described as follows Figure 1.

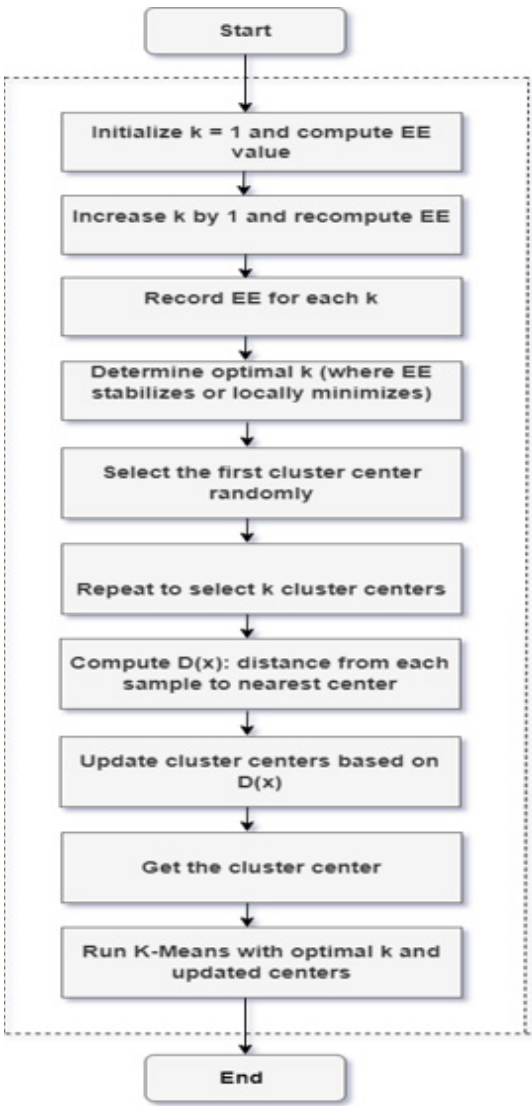


Fig. 1. Flowchart: Description of the Improved Algorithm.

The ELBOW method is a simple yet effective technique (de Oliveira et al., 2020) for determining the optimal number of clusters in k-means clustering. It is widely used in practical applications, especially when there is no clear prior knowledge. Therefore, we use a comparison with the experimental results of the Elbow method to validate the effectiveness of the Dual Mean method.

Core idea of the ELBOW method: As the number of clusters kkk increases,

the samples are divided more finely, and the cohesion within each cluster gradually increases, causing the within-cluster sum of squares (WCSS) to decrease (Ghosh et al., 2023). When k is smaller than the true number of clusters, increasing k significantly improves cluster cohesion, resulting in a substantial drop in WCSS. When k reaches the true number of clusters, further increasing k yields diminishing returns, causing the rate of decrease in WCSS to drop sharply and then gradually flatten. In other words, the plot of WCSS versus k forms an ELBOW and the point of this ELBOW corresponds to the true number of clusters in the data.

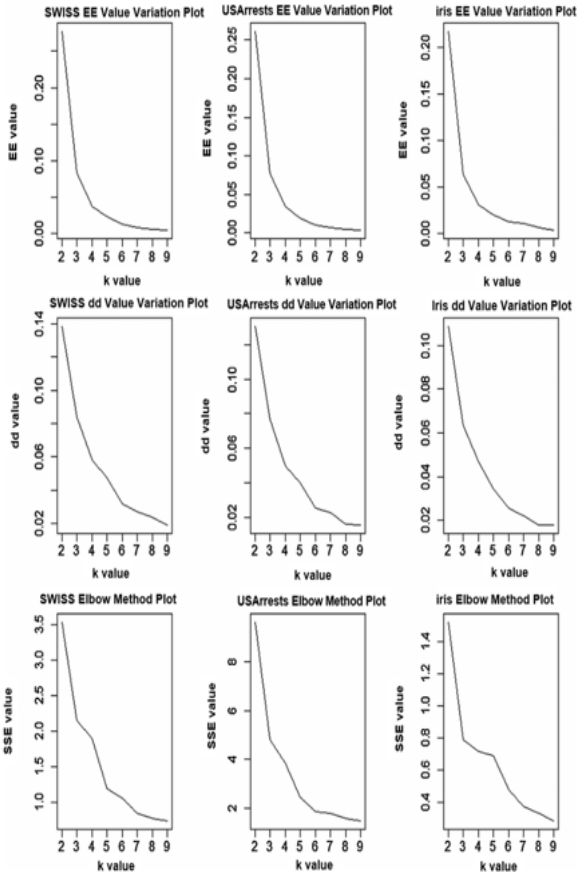


Fig. 2. Evaluating Optimal k Using Three Techniques Across Three Datasets.

The three datasets used in this study are all public datasets: swiss, USArrests, iris. The Swiss dataset is a classical dataset commonly used for teaching and research in data mining and machine learning. It contains several statistical variables about Switzerland, including Fertility, Agriculture, Examination, Education, Catholic, Infant Mortality, and Region. Its advantage is the small number of variables, which facilitates interpretation and visualization.

The USArrests dataset is a classic R dataset containing crime rate data for 48

U.S. states and Washington D.C., including four variables: Assault, Murder, UrbanPop, and Rape.

The iris dataset is one of the classic datasets in machine learning and statistics, containing data for 50 samples of each of three Iris species (setosa, versicolor, and virginica), with four features: sepal length, sepal width, petal length, and petal width.

All the above public datasets have simple data structures, contain multiple features and types, and are widely used in research, which ensures the authenticity and reliability of the results. Therefore, we used these three public datasets for the study. Among them, the iris datasets are known to have three classes, while the swiss and USArrests datasets do not have a clearly defined class structure.

The experimental results are shown in Figure 2. The optimal kkk for all three methods was determined at the point where the y-axis value drops most rapidly. Using the EE method, Dual Mean method, and Elbow method, the optimal number of clusters for these four datasets was found to be 3.

We also compared the time required to determine kkk by the Dual Mean method and the EE method across different datasets. The time difference is calculated using the following formula:

$$\frac{EE-dd}{EE} \times 100\% \tag{6}$$

The running time differences of the two methods on the four datasets are shown in Figure 3. From Figure 2, it can be seen that the running time difference between DD and EE ranges from 5% to 25%, indicating that the Dual Mean method has better time performance than the EE method. This demonstrates that the Dual Mean algorithm is more efficient.

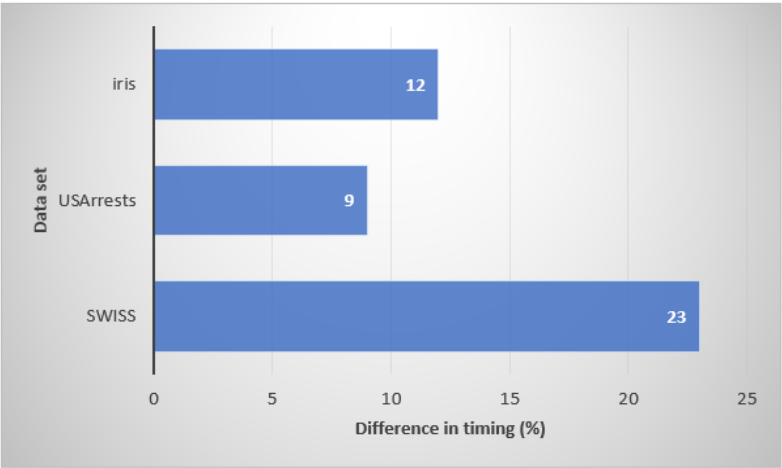


Fig. 3. Performance time comparison of the Dual Mean and EE approaches.

Conclusion.

This work represents an improved approach to finding the value of k in K-means clustering and overcomes one of the critical challenges that arise when using traditional techniques. In particular, the dual-mean method provides a proper balance between intra-cluster compactness and inter-cluster separation, hence becoming more powerful for finding the real structure of data. Its intuitiveness and simplicity to implement make it particularly appealing for users who do not have an extensive background in data science. On the other hand, the potential areas of application could include image segmentation, social network analysis, and customer segmentation in marketing. Future testing and refinement will consider a wide range of datasets, while integration with other clustering algorithms will be investigated for further improvements in the accuracy, adaptability, and computational efficiency of the proposed method.

REFERENCES

- Conceição, Queirós R. (2023). Supervised Clustering with Shap Values, ProQuest Dissertations & Theses. Pp.14-16. [in Eng.].
- Schubert E., Rousseeuw Peter J., (2021). Fast and eager k-medoids clustering: O(k) runtime improvement of the PAM, CLARA, and CLARANS algorithms, Information Systems 101 Article 101804, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.is.2021.101804>. [in Eng.].
- Kim J. and Lee S. (2022). A novel cluster validity index combining compactness and separation for K-Means clustering, Expert Systems with Applications. — Vol. 190. — Article 116197. [in Eng.].
- Naizabayeva L., Turken G. (2024). Integrating statistical analysis into everyday business operations using mobile technologies, DTESI 2024: 9th International Conference on Digital Technologies in Education, Science and Industry. — Vol. 3966. — Pp.2. [in Eng.].
- Chaudhry M., Shafi I., Mahnoor M., Debora Libertad Ramírez Vargas, Ernesto Bautista Thompson and Imran Ashraf. (2023). A Systematic Literature Review on Identifying Patterns Using Unsupervised Clustering Algorithms: A Data Mining Perspective, Symmetry. — Vol. 15. — No. 9. Pp. 1679. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym15091679>. [in Eng.].
- Zhang M., Wang H., and Zhou X.. (2021). Improved K-Means clustering algorithm with automatic cluster number determination via intra/inter-cluster distance ratio, Applied Soft Computing. — Vol. 101. — Article 107032. [in Eng.].
- de Oliveira R. T., Santos F. P., and de Carvalho M. A. M. (2020). Automatic determination of the number of clusters using an improved Elbow method and silhouette analysis, Journal of Computational Science. — Vol. 44. — Article 101160. [in Eng.].
- Ghosh S., Saha P., and Bhowmick B.. (2023). An efficient clustering approach with dynamic estimation of cluster numbers using density and distance measures, Information Sciences. — Vol. 630. — Pp. 204-222. [in Eng.].
- Tokuda, Eric K. Comin, Cesar H., Costa, Luciano da F. (2022). Revisiting agglomerative clustering, Elsevier B.V; Physica A. — Vol.585. — Pp.126433. [in Eng.].
- Wang, Shuliang, Li, Qi; Zhao, Chuanfeng; Zhu, Xingquan; Yuan, Hanning; Dai, Tianru (2021). Extreme clustering – A clustering method via density extreme points, Elsevier Inc; Information sciences. — Vol.542. — Pp.24-39. [in Eng.].
- Liu X., Wang Y., and Zhang Z.. (2021). An adaptive method for estimating the number of clusters based on intra-cluster density and inter-cluster separation, Pattern Recognition Letters. — Vol. 143. — Pp. 1-8. [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 30.03.2026.

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