

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)

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

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

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

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

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

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

**РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:**

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

**ЖАУАПТЫ РЕДАКТОР:**

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

Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Префикс DOI: 10.54309

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Басылым тілі: қазақ, орыс, ағылшын.

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

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

Тарату: материалдар Creative Commons Attribution 4.0 лицензиясы бойынша таратылады

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

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

РЕДАКЦИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

**Микеле Пагано** — PhD, профессор Университета Пизы (Италия)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Дамеля Максютнова Ескендрова** — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР:

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

Международный журнал информационных и коммуникационных технологий

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Префикс DOI: 10.54309

Периодичность: 4 выпусков в год.

Язык издания: казахский, русский, английский.

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

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

Распространение: материалы распространяются по лицензии Creative Commons Attribution 4.0

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

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

CONTENTS

DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

**A.B. Zhalgas, Y.N. Kalpakov, B.Ye. Amirgaliyev**  
MACHINE LEARNING-DRIVEN OPTIMIZATION OF LOGISTICS IN SMART CITIES: A CASE STUDY OF ASTANA .....9

**L. Kurmangaziyeva, Sh. Kodanova, M. Urazgaliyeva, O. Findik, S. Iskakova**  
INTEGRATING FUZZY LOGIC AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN OPTIMIZING BUSINESS PROCESS AUTOMATION DECISIONS .....24

**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 .....46

**V.A. Takizhanov, A.Z. Ibragimov, A. Shalakhmetov**  
SIMULATION-BASED ROBUSTNESS ASSESSMENT OF ASTANA'S BUS NETWORK UNDER RANDOM AND TARGETED FAILURES .....61

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 .....76

**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.....89

**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.....109

**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 .....128

**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 .....141

**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 .....158

**A.Ye. Kulakayeva, Ye.A. Bakhtiyarova, G.T. Jakanova, Sh. Nursultan**  
COMPARATIVE ANALYSIS OF VARIOUS RADIO WAVE PROPAGATION MODELS FOR MOBILE NETWORK COVERAGE PREDICTION .....173

**M.B. Nurpeissova, Sh.K. Aitkazinova, A.M. Abenov, N.S. Donenbayeva**  
METHODOLOGY FOR TRANSFORMING SATELLITE COORDINATES INTO A TOPOCENTRIC RECTANGULAR COORDINATE SYSTEM .....189

**A. Ospanov, P. Alonso-Jordá, A. Zhumadillayeva**  
BLOCKCHAIN-ENABLED ERP WAREHOUSE INTEGRATION WITH IOT DIMENSIONERS AND MACHINE LEARNING-OPTIMIZED DIMENSIONAL WEIGHT RECONCILIATION .....202

**A.A. Sakhipov, R.B. Seitbek**  
EVENT-DRIVEN MICROSERVICES FOR INCIDENT DETECTION AND RESPONSE IN INTELLIGENT TRAFFIC SYSTEM .....218

**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 .....231

INFORMATION SECURITY AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

<b>S.A. Adilzhanova, M.Zh. Sakypbekova, L.Sh. Cherikbaeva, G.A. Tyulepberdinova, G.T. Zhubanysheva</b> SYSTEMATIC ANALYSIS OF RISK ASSESSMENT METHODS AND MODELS IN INFORMATION SECURITY.....	244
<b>T. K. Zhukabayeva, D.B. Baumuratova, E. Benkhelifa, N.A. Niyetbayeva</b> EDGE COMPUTING-BASED TECHNIQUE FOR CONSTRUCTION OF ATTACK DETECTION MEANS IN CYBER-PHYSICAL SYSTEMS OF INDUSTRIAL INTERNET-OF-THINGS .....	270
<b>N.E. Karabayev, S.K. Serikbayeva, Y.M. Mardenov, B. Tassuov, M. Fajkus</b> DETECTION OF CYBER ATTACKS IN TRANSPORT NETWORKS BASED ON MACHINE LEARNING METHODS .....	292
<b>V.A. Kumalakov, A.O. Dargulova</b> A HYBRID FRAMEWORK FOR RESUME-JOB MATCHING SYSTEM .....	311
<b>V. Makhatova, B. Dzhugembayeva, A. Gabdulova, L. Nurgaliyeva, A. Abdigaliyeva</b> MATHEMATICAL MODEL FOR OPTIMAL SENSOR SELECTION IN SIEM SYSTEMS USING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS .....	326

## МАЗМҰНЫ

### ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ДАМУДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

<b>А.Б. Жалғас, Е.Н. Калпаков, Б.Е. Амиргалиев</b> АҚЫЛДЫ ҚАЛАЛАРДАҒЫ ЛОГИСТИКАНЫ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУҒА НЕГІЗДЕЛГЕН ОҢТАЙЛАНДЫРУ: АСТАНАНЫҢ ЖАҒДАЙЫН ЗЕРТТЕУ.....	9
<b>Л.Курманғазиева, Ш. Қоданова, М. Уразғалиева, О. Findik, С. Искакова</b> ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ПЕН АЙҚЫН ЕМЕС ЛОГИКАНЫ БІРІКТІРУ АРҚЫЛЫ БИЗНЕС-ПРОЦЕСТЕРДІ АВТОМАТТАНДЫРУ ШЕШІМДЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ .....	24
<b>Е. Майлыбаев, У. Адилбаева, Р. Аманова</b> ҰЙЫМДАСТЫРЫЛҒАН ОНЛАЙН САУАЛНАМА АРҚЫЛЫ БІЛІМ БЕРУ ПРОЦЕСІНЕ ҚАТЫСУШЫЛАРДЫҢ ПІКІРЛЕРІН ЖИНАУ ЖӘНЕ НӘТИЖЕЛЕРІН МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ДЕЛЬФИ ӘДІСІ НЕГІЗІНДЕ ТАЛДАУ .....	46
<b>В.А. Такижанов, А.Ж. Ибрагимов, А. Шалахметов</b> МОДЕЛЬДЕУ НЕГІЗІНДЕ АСТАНАНЫҢ АВТОБУС ЖЕЛІСІНІҢ ТҮРАҚТЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ: КЕЗДЕЙСОҚ ЖӘНЕ МАҚСАТТЫ ІСТЕН ШЫҒУЛАР ЖАҒДАЙЫНДА .....	61

### АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

<b>М.Ж. Айтимов, Г.К. Муратова, Ж.К. Бисенбаева, И.М. Бапиев, М. Кассим</b> ОНТОЛОГИЯ ЖӘНЕ ІЗДЕУ МЕХАНИЗМДЕРІ АРҚЫЛЫ ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ ЭКСТРАКЦИЯЛЫҚ ҚАДАҒЫ СЕМАНТИКАЛЫҚ ТОЛЫҚТЫҚ .....	76
<b>О.Н. Ақылбеков, Е.Т. Даулетбек, А.Н. Молдагулова, Г.С. Закария, Д.А. Гура</b> ҚАЗАҚСТАННЫҢ АУМАҚТЫҚ ЖОСПАРЛАУЫНДАҒЫ ҮШ ӨЛШЕМДІ КЕҢІСТІКТІК МӨЛІМЕТТЕРДІ ТАЛДАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІ .....	89
<b>С.Ж. Алиасқаров, Р.К. Ускенбаева, А. Разак, А.Б. Қасымов, А.М. Анартаева</b> АЙМАҚТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ ҮЛКЕН ДЕРЕКТЕРДІ ТИІМДІ ТАЛДАУҒА ҚАРАЙ: ГИБРИДТІ АРХИТЕКТУРАНЫ ЕНГІЗУДІҢ ПРАКТИКАЛЫҚ ТҮСІНІКТЕР.....	109
<b>А.А. Исмаилова, Г.Р. Есенбаева, Қ.К. Кадиркулов, Р.Н. Молдашева, А. Амангелді</b> РОСКОПИЯЛЫҚ БЕЙНЕЛЕРІН КӨПКЛАССТЫ ЖІКТЕУГЕ АРНАЛҒАН ГИБРИДТІ ТЕРЕҢ ОҚЫТУ МОДЕЛІН ӘЗІРЛЕУ .....	128
<b>Г. Қалман, К. Ярослав, А.Н. Исмуқанова, Н.М. Аусилова, В.Е. Махатова</b> ПӨНДІК САЛА БІЛІМ НЕГІЗІНДЕ РЕУСРСТАРЫ АЗ ТІЛДЕРДЕГІ РЕФЕРЕНЦИЯНЫ ШЕШУДІҢ МОДЕЛІ.....	141
<b>Е.Г. Кәмен, Ж.Т. Есендаулетова, Л.С. Фазылова, М.Б. Рахимжанова, А.М. Недзьведь</b> ЭЭГ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША БАЛАЛАРДЫҢ ЗЕЙІНІН ОБЪЕКТИВТІ БАҒАЛАУ ҮШІН НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІЛЕРДІ ҚОЛДАНУ .....	158
<b>А.Е. Кулакаева, Е.А. Бахтиярова, Г.Т. Джаканова, Ш. Нурсултан</b> ҰЯЛЫ БАЙЛАНЫС ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ҚАМТУ АЙМАҒЫН БОЛЖАУҒА АРНАЛҒАН ӘРТҮРЛІ РАДИОТОЛҚЫН ТАРАЛУ МОДЕЛЬДЕРІНІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУЫ .....	173

**М.Б. Нұрпейісова, Ш.Қ. Айтқазынова, А.М. Абеннов, Н.С. Дөненбаева**  
СПУТНИКТИК КООРДИНАТТАРДЫ ТОПОЦЕНТРЛІК ТІК БҰРЫШТЫ КООРДИНАТТАР ЖҮЙЕСІНЕ ТҮРЛЕНДІРУДІҢ ӘДІСТЕМЕСІ .....189

**А. Оспанов, П. Алонсо-Хорда, А. Жұмаділлаева**  
БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИЯСЫМЕН ЫҚПАЛДАС ERP ҚОЙМА ЖҮЙЕСІН ІОТ ДИМЕНСИОНЕРЛЕР ЖӘНЕ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АРҚЫЛЫ ОПТИМИЗАЦИЯЛАНҒАН ӨЛШЕМДІ САЛМАҚ ЕСЕПТЕУМЕН ИНТЕГРАЦИЯЛАУ .....202

**А.А. Сахипов, Р.Б. Сейітбек**  
ОҚИҒАҒА БАҒДАРЛАНҒАН МИКРОҚЫЗМЕТТЕР ЖҮЙЕСІ АРҚЫЛЫ АҚЫЛДЫ ТРАФИК ЖҮЙЕЛЕРІНДЕ ОҚИҒАЛАРДЫ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ ШАРАЛАР ҚОЛДАНУ .....218

**Г.М. Юсупова, К.С. Шадинова, Д.И. Усипбекова, Ж.Ж. Ажибекова, Р. Schmidt**  
ТОПЫРАҚ ПРОФИЛІНІҢ 0–200 СМ ТЕРЕҢДІКТЕГІ СТРАТИФИКАЦИЯСЫН КӨПДЕҢГЕЙЛІ СТЕКИНГ-МОДЕЛІМЕН АНЫҚТАУ.....231

**АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН**

**С.А. Адилжанова, М.Ж. Сақыпбекова, Л.Ш. Черикбаева, Г.А. Тюлепбердинова, Г.Т. Жубанышева**  
АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІКТЕ ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАҒАЛАУ ӘДІСТЕРІ МЕН МОДЕЛЬДЕРІН ЖҮЙЕЛІ ТАЛДАУ.....244

**Т.К. Жукабаева, Д. Б. Баумуратова, Е. Бенкхелифа, Н.А. Ниегбаева**  
ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕПТЕУЛЕРДІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ЗАТТАРДЫҢ ӨНЕРКӘСІПТІК ИНТЕРНЕТІНІҢ КИБЕРФИЗИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ ШАБУЫЛДАРДЫ АНЫҚТАУ ҚҰРАЛДАРЫН ҚҰРУ ӘДІСТЕМЕСІ.....270

**Н.Е. Қарабаев, С.К. Серикбаева, Е.М. Марденов, Б. Тасуов, М. Файкус**  
МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН КӨЛІК ЖЕЛІЛЕРІНДЕГІ КИБЕРШАБУЫЛДАРДЫ АНЫҚТАУ .....292

**Б.А. Кумалаков, А.О. Даргулова**  
ТҮЙІНДЕМЕЛЕР МЕН ВАКАНСИЯЛАРДЫ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН СӘЙКЕСТЕНДІРУГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ГИБРИДТІ ҮМІТКЕРЛЕРДІ ІРІКТЕУ ЖҮЙЕСІ .....311

**В. Махатова, Б. Джугембаева, А. Габдулова, Л. Нурғалиева, А. Абдигалиева**  
ИЕРАРХИЯЛАРДЫ ТАЛДАУ ӘДІСІ НЕГІЗІНДЕ SIEM ЖҮЙЕЛЕРІНДЕ ОҢТАЙЛЫ СЕНСОРДЫ ТАҢДАУДЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ .....326

**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 .....9

**Л. Курмангазиева, Ш. Коданова, М. Уразғалиева, О. Финдик, С. Исакова**  
ИНТЕГРАЦИЯ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕШЕНИЙ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ .....24

**Е. Майлыбаев, У. Адилбаева, Р. Аманова**  
СБОР МНЕНИЙ УЧАСТНИКОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПОСРЕДСТВОМ ОРГАНИЗОВАННОГО ОНЛАЙН-АНКЕТИРОВАНИЯ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА ДЕЛЬФИ .....46

**В.А. Такижанов, А.Ж. Ибрагимов, А. Шалахметов**  
ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ АВТОБУСНОЙ СЕТИ АСТАНЫ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ СЛУЧАЙНЫХ И ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННЫХ ОТКАЗАХ .....61

**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 .....76

<b>О.Н. Акылбеков, Е.Т. Даулетбек, А.Н. Молдагулова, Г.С. Закария, Д.А. Гура</b> МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ТРЁХМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ ПЛАНИРОВАНИИ КАЗАХСТАНА .....	89
<b>С.Ж. Алиаскаров, Р.К. Ускенбаева, А. Разак, А.Б. Касымова, А.М. Анартаева</b> НА ПУТИ К ЭФФЕКТИВНОЙ АНАЛИТИКЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ: ПРАКТИЧЕСКИЕ ВЫВОДЫ ИЗ ВНЕДРЕНИЯ ГИБРИДНОЙ АРХИТЕКТУРЫ .....	109
<b>А.А. Исмаилова, Г.Р. Есенбаева, К.К. Кадиркулов, Р.Н. Молдашева, А. Амангелды</b> РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ МОДЕЛИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ МНОГОКЛАССОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ БАКТЕРИЙ .....	128
<b>Г. Калман, К. Ярослав, А.Н. Исмуканова, Н.М. Аусилова, В.Е. Махатова</b> МОДЕЛЬ НА ОСНОВЕ ЗНАНИЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ РАЗРЕШЕНИЯ КОРЕФЕРЕНЦИИ В МАЛОРЕСУРСНЫХ ЯЗЫКАХ .....	141
<b>Е.Г. Камен, Ж.Т. Есендаулетова, Л.С. Фазылова, М.Б. Рахимжанова, А.М. Недзьведь</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ ВНИМАНИЯ У ДЕТЕЙ ПО ДАНЫМ ЭЭГ .....	158
<b>А.Е. Кулакаева, Е.А. Бахтиярова, Г.Т. Джаканова, Ш. Нурсултан</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЯ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ .....	173
<b>М.Б. Нурпенсова, Ш.К. Айтказинова, А.М. Абеннов, Н.С. Доненбаева</b> МЕТОДИКА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ КООРДИНАТ В ТОПОЦЕНТРИЧЕСКУЮ ПРЯМОУГОЛЬНУЮ СИСТЕМУ КООРДИНАТ .....	189
<b>А. Оспанов, П. Алонсо-Хорда, А. Жумадиллаева</b> ИНТЕГРАЦИЯ СКЛАДСКИХ МОДУЛЕЙ ERP-СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛОКЧЕЙНА, IOT- ДИМЕНСИОНЕРОВ И ОПТИМИЗИРОВАННОГО МАШИНЫМ ОБУЧЕНИЕМ РАСЧЁТА ГАБАРИТНО- ГО ВЕСА .....	202
<b>А.А. Сахипов, Р.Б. Сейитбек</b> СОБЫТИЯ-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МИКРОСЕРВИСЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И РЕАГИРОВАНИЯ НА ИНЦИДЕНТЫ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ .....	218
<b>Г.М. Юсупова, К.С. Шадинова, Д.И. Усипбекова, Ж.Ж. Ажибекова, П. Шмидт</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРАТИФИКАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ НА ГЛУБИНЕ 0–200 СМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ МНОГОУРОВНЕВОГО НАЛОЖЕНИЯ .....	231

## ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>С.А. Адилжанова, М.Ж. Сакыпбекова, Л.Ш. Черикбаева, Г.А. Тюлепбердинова, Г.Т. Жубанышева</b> СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ .....	244
<b>Т.К. Жукабаева, Д.Б. Баумуратова, Е. Бенкхелифа, Н.А. Ниетбаева</b> МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ АТАК В КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАНИЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ .....	270
<b>Н.Е. Карабаев, С.К. Серикбаева, Е.М. Марденов, Б. Тасуов, М. Файкус</b> ОБНАРУЖЕНИЕ КИБЕРАТАК В ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЯХ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ .....	292
<b>Б.А. Кумалаков, А.О. Даргулова</b> ГИБРИДНЫЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ ПОДБОРУ КАНДИДАТОВ НА ОСНОВЕ СОПОСТАВЛЕНИЯ РЕЗЮМЕ И ВАКАНСИЙ .....	311
<b>В. Махатова, Б. Джугембаева, А. Габдулова, Л. Нургалиева, А. Абдигалиева</b> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО СЕНСОРА В SIEM-СИСТЕМАХ СРЕДСТВАМИ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ .....	326

## DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

### ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ДАМУДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

### ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВИТИИ СОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 7. Is.1. Number 25 (2026). Pp. 9–23

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

<https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.25.1.001>

## MACHINE LEARNING-DRIVEN OPTIMIZATION OF LOGISTICS IN SMART CITIES: A CASE STUDY OF ASTANA

*A.B. Zhalgas\*, Y.N. Kalpakov, B.Ye. Amirgaliyev*

Astana IT University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: [aidana.zhalgas@astanait.edu.kz](mailto:aidana.zhalgas@astanait.edu.kz)

**Aidana B. Zhalgas** — PhD Student, Vice Dean for Student Affairs, Astana IT University

E-mail: [aidana.zhalgas@astanait.edu.kz](mailto:aidana.zhalgas@astanait.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0003-1091-8483>;

**Yerbolat N. Kalpakov** — PhD, Vice Dean for Academic Affairs, Astana IT University

E-mail: [y.kalpakov@astanait.edu.kz](mailto:y.kalpakov@astanait.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0002-8898-7190>;

**Beibut Y. Amirgaliyev** — Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Computer Engineering, Astana IT University

E-mail: [beibut.amirgaliyev@astanait.edu.kz](mailto:beibut.amirgaliyev@astanait.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0003-0355-5856>.

© A.B. Zhalgas, Y.N. Kalpakov, B.Ye. Amirgaliyev

**Abstract.** This study explores the development and application of machine learning (ML) techniques to enhance the efficiency of logistics operations in the context of smart cities. Focusing on clustering methods and shortest path algorithms, the research aims to optimize courier delivery logistics in Astana, Kazakhstan. The study integrates K-means clustering and Dijkstra's algorithm to address challenges in urban logistics, providing actionable insights into route optimization, resource allocation, and operational scalability. By leveraging geospatial data and advanced clustering methodologies, this research offers a framework for improving logistics operations while contributing to broader smart city goals. Experimental outcomes prove the efficiency of the suggested method: K-means clustering and Dijkstra algorithm worked on the routes enablement and decreased the operation time. In particular, K-means took 1.12 seconds and Fuzzy C-means indicated a higher speed in clustering of 0.023 seconds. Dynamic

visualization, optimization of delivery routes within logistic clusters was the couple use of the K-means and the Dijkstra routing that was used to make decision-making and minimize the travel distances.

**Keywords:** machine learning, logistics optimization, smart city, K-means clustering, Dijkstra’s algorithm, route efficiency, geographic information systems (GIS), urban planning, transportation management

**For citation:** A.B. Zhalgas, Y.N. Kalpakov, B.Ye. Amirgaliyev (2026). Machine learning-driven optimization of logistics in smart cities: a case study of Astana // International journal of information and communication technologies. Vol. 7. No. 25. Pp. 9-23. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.25.1.001>. (In Eng.).

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

## АҚЫЛДЫ ҚАЛАЛАРДАҒЫ ЛОГИСТИКАНЫ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУҒА НЕГІЗДЕЛГЕН ОҢТАЙЛАНДЫРУ: АСТАНАНЫҢ ЖАҒДАЙЫН ЗЕРТТЕУ

*А.Б. Жалғас\*, Е.Н. Калпаков, Б.Е. Амиргалиев*

Astana IT University, Астана, Қазақстан.

E-mail: [aidana.zhalgas@astanait.edu.kz](mailto:aidana.zhalgas@astanait.edu.kz)

**Жалғас Айдана Бозқұланқызы** — PhD студент, деканның тәрбие жұмысы бойынша орынбасары, Astana IT University

E-mail: [aidana.zhalgas@astanait.edu.kz](mailto:aidana.zhalgas@astanait.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0003-1091-8483>;

**Калпаков Ерболат Нұрбергенович** — PhD, деканның оқу ісі жөніндегі орынбасары, Astana IT University

E-mail: [y.kalpakov@astanait.edu.kz](mailto:y.kalpakov@astanait.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0002-8898-7190>;

**Амиргалиев Бейбут Едилханович** — т.ғ.к., профессор, Компьютерлік инженерия департаменті, Astana IT University

E-mail: [beibut.amirgaliyev@astanait.edu.kz](mailto:beibut.amirgaliyev@astanait.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0003-0355-5856>.

© А.Б. Жалғас, Е.Н. Калпаков, Б.Е. Амиргалиев

**Аннотация.** Бұл зерттеу “ақылды қалалар” контекстінде логистикалық операциялардың тиімділігін арттыру үшін машиналық оқыту (ML) әдістерін әзірлеу мен қолдануды зерттейді. Кластерлеу әдістеріне және ең қысқа жол алгоритмдеріне назар аудара отырып, зерттеу Қазақстанның Астана қаласында курьерлік жеткізу логистикасын оңтайландыруға бағытталған. Зерттеу маршруттарды оңтайландыру, ресурстарды бөлу және операциялық ауқымдылық туралы нақты түсінік бере отырып, қалалық логистикадағы мәселелерді шешу үшін K-means кластерлеуін және Дейкстра алгоритмін біріктіреді. Геокеңістіктік деректерді және кластерлеудің озық әдістемелерін пайдалана отырып, бұл зерттеу “ақылды қалалардың” кеңірек мақсаттарына қол жеткізуге ықпал ете отырып, логистикалық операцияларды жақсарту үшін негіз ұсынады. Эксперименттік

нәтижелер ұсынылған әдістің тиімділігін дәлелдейді: K-means кластерлеуді білдіреді және Дейкстра алгоритмі маршруттарды қосу кезінде айтарлықтай жұмыс істеді және жұмыс уақытын қысқартты. Атап айтқанда, K-means 1,12 секундты алды, ал Fuzzy C-means кластерлеудің жоғары жылдамдығын 0,023 секундты көрсетті. Динамикалық визуализация, логистикалық кластерлердегі жеткізу маршруттарын оңтайландыру шешім қабылдау және жол жүру қашықтығын азайту үшін пайдаланылған K-means мен Дейкстра маршруттауының жұптық қолданылуы болды.

**Түйін сөздер:** машиналық оқыту, логистиканы оңтайландыру, ақылды қала, K-means кластерлеу, Дейкстра алгоритмі, маршруттардың тиімділігі, географиялық ақпараттық жүйелер (ГАЗ), қала құрылысы, көлікті басқару

**Дәйексөздер үшін:** А.Б. Жалғас, Е.Н. Калпаков, Б.Е. Амиргалиев (2026). Ақылды қалалардағы логистиканы машиналық оқытуға негізделген оңтайландыру: астананың жағдайын зерттеу // Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы. Т. 7. № 25. Б. 13–27. 9-23 бет. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.25.1.001>. (Ағыл. тіл.).

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

## ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИКИ В УМНЫХ ГОРОДАХ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ: НА ПРИМЕРЕ АСТАНЫ

*А.Б. Жалғас\*, Е.Н. Калпаков, Б.Е. Амиргалиев*

Astana IT University, Астана, Қазақстан.

E-mail: [aidana.zhalgas@astanait.edu.kz](mailto:aidana.zhalgas@astanait.edu.kz)

**Жалғас Айдана Бозкуланковна** — PhD студент, заместитель декана по воспитательной работе, Astana IT University E-mail: [aidana.zhalgas@astanait.edu.kz](mailto:aidana.zhalgas@astanait.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0003-1091-8483>;

**Калпаков Ерболат Нурбергенович** — PhD, заместитель декана по академической работе, Astana IT University  
E-mail: [y.kalpakov@astanait.edu.kz](mailto:y.kalpakov@astanait.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0002-8898-7190>;

**Амиргалиев Бейбут Едилханович** — кандидат технических наук, профессор, департамент компьютерной инженерии, Astana IT University  
E-mail: [beibut.amirgaliyev@astanait.edu.kz](mailto:beibut.amirgaliyev@astanait.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0003-0355-5856>.

© А.Б. Жалғас, Е.Н. Калпаков, Б.Е. Амиргалиев

**Аннотация.** Это исследование посвящено разработке и применению методов машинного обучения (ML) для повышения эффективности логистических операций в контексте умных городов. Основное внимание в исследовании уделяется методам кластеризации и алгоритмам кратчайшего пути, а также оптимизации логистики курьерской доставки в Астане, Казахстан. Исследование



объединяет кластеризацию K-means и алгоритм Дейкстры для решения задач городской логистики, предоставляя полезную информацию об оптимизации маршрутов, распределении ресурсов и масштабируемости операций. Используя геопространственные данные и передовые методологии кластеризации, это исследование предлагает основу для улучшения логистических операций, способствуя при этом достижению более широких целей умного города. Результаты экспериментов подтверждают эффективность предложенного метода: кластеризация по K-means и алгоритм Дейкстры значительно улучшили работу с маршрутами и сократили время работы. В частности, K-means заняло 1,12 секунды, а Fuzzy C-means показало более высокую скорость кластеризации – 0,023 секунды. Динамическая визуализация и оптимизация маршрутов доставки в логистических кластерах – это совместное использование K-means и алгоритм Dijkstra, которые использовались для принятия решений и минимизации расстояний в пути.

**Ключевые слова:** машинное обучение, оптимизация логистики, умный город, кластеризация K-means, алгоритм Дейкстры, эффективность маршрутов, географические информационные системы (ГИС), городское планирование, управление транспортом

**Для цитирования:** А.Б. Жалгас, Е.Н. Калпаков, Б.Е. Амиргалиев (2026). Оптимизация логистики в умных городах на основе машинного обучения: на примере астаны // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. Т. 7. No. 25. Стр. 9-23. (На англ.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.25.1.001>.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Introduction.

In today's globalized world, coordination systems play a key part in guaranteeing proficient transportation of merchandise. This segment may be a foundation for both residential and worldwide exchange, and its significance has expanded due to the issues that have emerged amid the COVID-19 widespread (Barabási et al., 2004). These challenges have highlighted the pressing have to make coordination frameworks that combine unwavering quality, adaptability and tall productivity. Such frameworks are critical for the quick conveyance of merchandise, keeping up financial soundness and expanding strength to worldwide stuns. The logistics systems in the modern environment are not limited to pre-conditioning the operational continuity only but should also help the decision-makers to act in a flexible and delays-free reaction to the changes. These frameworks are fundamental to the speedy transportation of items, maintains financial viability, and grows might to global shivers. As cities ended up "smart cities", errands and openings emerge for optimizing coordination forms, particularly through the development of ideal courses for coordination companies and dispatch administrations (Bezdek et al., 2020). This process involves the absorption of artificial intelligence,

IoT and big data analytics into urban logistics to act in accordance with rising needs and infrastructural limitations. Astana, the capital of Kazakhstan, may be a prime illustration of such urban change, advancing into an energetic center of financial and innovative improvement. The urban demography and the expanding numbers of the city population necessitated by the ever-increasing business activity and functions requires a change in approach to the automatic control logistics modelling that is intelligent enough to adjust to the changing forces in urban environments.

The urban landscape of Astana is characterized by its rapid growth and increasing complexity, necessitating the adoption of innovative logistics and transportation strategies. The city has a serious logistic issue connected with traffic jam, space disequilibrium in service delivery, and absence of comprehensive digital infrastructuring. The city's trajectory towards becoming a smart city makes it an exemplary model for applying the unsupervised ML techniques to improve logistics operations' efficiency (Bradley et al., 1998). This further qualifies Astana as a research topic as well as a place to test scalable smart logistics technology which would subsequently be applied to the other urban settings of Kazakhstan and Central Asia.

The objectives of this research are carefully designed to address the intricacies of enhancing logistics efficiency in an urban context. These objectives include:

1. *Extensive Analysis and Assessment of Routing Efficiency Techniques*: This requires a careful investigation of current coordinations industry approaches pointed at moving forward directing viability. With the assistance of a wide extend of sources, this examination looks for to supply a strong hypothetical system for the consider.

2. *Identification and Exploration of Routing Efficiency Challenges*: The investigate will examine the challenges to accomplishing high directing productivity inside Astana's urban system. This examination will consider different components, counting activity clog, framework imperatives, and the spatial dissemination of conveyance focuses.

3. *Formulation of Strategic Solutions to Enhance Routing Efficiency*: Leveraging the knowledge from the explanatory stage, the research will propose imaginative techniques pointed at overcoming the distinguished challenges. This activity will include the vital application of K-means and C-means algorithms to plan directing arrangements customized to the special logistics and messenger benefit scene of Astana.

4. *Adoption of Global Best Practices within the Local Context*: The research will undertake comparative investigation of worldwide best practices in logistics routing, pointing to distinguish and adjust procedures that are significant and implementable in Astana. This comparison is vital to guaranteeing that the proposed arrangements are informed by successful practices.

5. *Development of a Predictive Model for Efficient Routing*: The result of this research will be the creation of a prescient demonstrate competent of precisely distinguishing the foremost productive courses for logistics and courier services in Astana. This model will coordinate different parameters, counting real-time activity information, vehicle capacities, and delivery plans, to powerfully optimize delivery routes.

This paper centralizes the application of clustering algorithms, particularly K-means and C-means, as tools to tackle Astana's logistical challenges. These algorithms provide a sophisticated means of analyzing complex datasets, facilitating the identification of routing strategies that maximize efficiency and scalability (Bouhmala, 2016). The application of these algorithms marks a pivotal advancement in addressing urban logistics complexities, offering actionable insights to improve routing efficiency and operational effectiveness.

## Materials and methods.

### 1. The Mechanics of K-means Clustering

The K-means clustering algorithm arranges a collection of objects so that those in the same group (or cluster) are more similar to one another than to those in other groups (Christopher et al.). It is especially helpful in the field of logistics in smart cities, where it may assist in allocating resources and optimizing routes according to supply and demand trends.

Each data point is assigned to the nearest centroid, determined by the Euclidean distance, in the first stage of the K-means algorithm. After then, centroids are recalculated using the newly created clusters during the centroid update phase (Cohen et al., 2014). This cycle of assignment and update repeats until the cluster memberships stabilize or a set number of iterations are completed (Cormen et al., 2019).

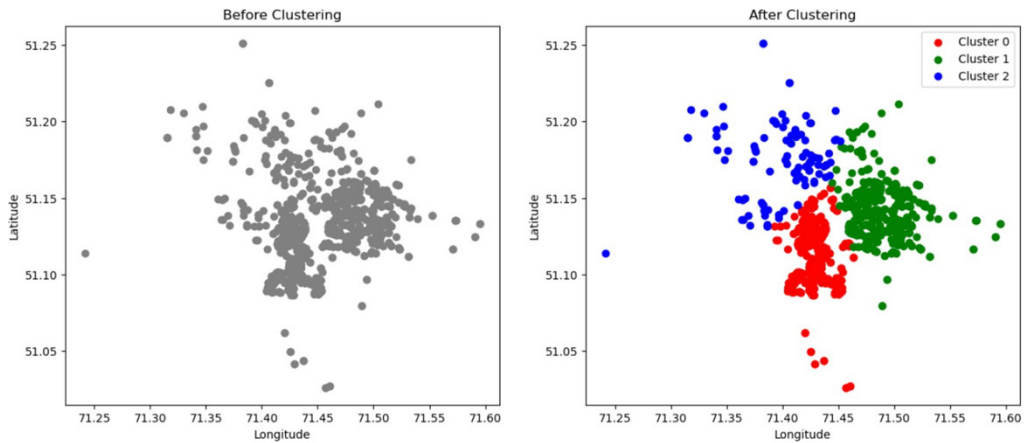


Fig. 1. Depiction of K-means Clustering

### 2. Fuzzy C-means Clustering

Fuzzy C-means clustering falls into the category of objective function algorithms, which are designed to minimize a specific error metric (Dijkstra, 1959). This method is distinguished using 'c', representing the number of clusters or features, and employs fuzzy logic, simplifying the approach to fuzzy. The technique utilizes a fuzzy membership function that assigns a degree of belonging to each data point across various clusters, like estimating pixel probabilities in image analysis (Dunn, 2019).

To start the Fuzzy C-means Clustering process, first define the number of clusters

' $c$ ', which can range from 2 to a predefined upper limit ' $c_n$ '. Choose a fuzziness parameter ' $m$ ' to set the level of cluster fuzziness. Initialize the partition matrix  $U(0)$  with initial membership degrees and label the beginning of the sequential clustering operations (Glaeser, 2019).

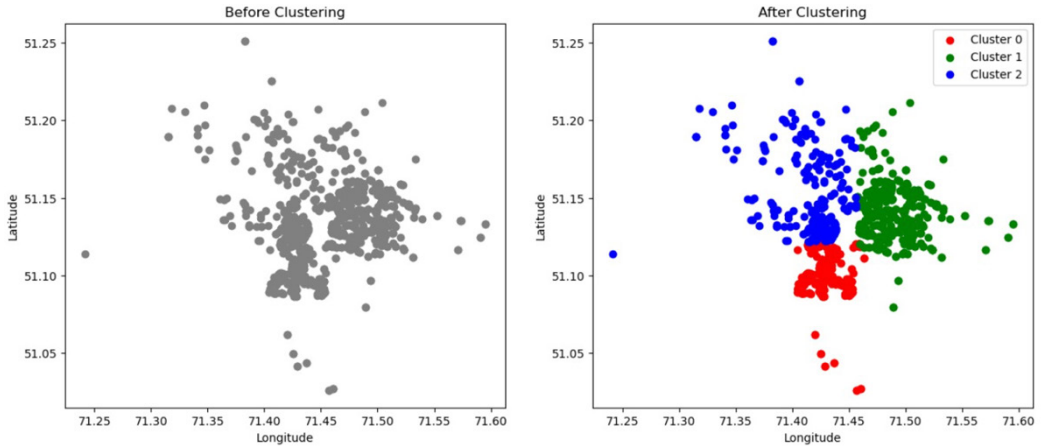


Fig. 2. Illustration of Clustering with the Fuzzy C-means

To calculate the center vector  $V_{i,}$  for each cluster, use the following formula:

$$V_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^m x_{kj}}{\sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^m}$$

Here,  $\mu_{ik}$  represents the membership degree of the  $k$ -th data point in the  $i$ -th cluster,  $x_{kj}$  is the  $j$ -th attribute of the  $k$ -th data point, and  $m$  is the fuzziness exponent that weights the influence of each data point's membership degree on the cluster center (Harary, 2018).

The distance compute matrix  $D[c, n]$  measures the Euclidean distances between each data point and the cluster centers:

$$D = \left( \sum_{j=1}^m (x_{kj} - v_{kj})^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

### 3. Graph Theory

The study of graphs, which are abstract representations that depict relationships and interactions between different entities, is the main emphasis of graph theory, an important area of mathematics. A set of vertices  $V$  and a set of edges  $E$  make up a graph  $G = (V, E)$ . While edges signify the links or interconnections between these things, vertices indicate discrete entities (Jain, 2019). Graphs can be grouped according to their characteristics. Bidirectional interactions between vertices are indicated by undirected graphs (Lee, 2006), which feature edges without direction. On the other hand, directed graphs, also known as digraphs, have edges that point in particular directions, signifying one-way links. In contrast to unweighted graphs, which treat all edges equally, weighted graphs provide edges numerical values, such as costs, distances, or other metrics (Miy-

amoto, 1997).

#### 4. Dijkstra's Algorithm

Dijkstra's algorithm could be an essential method in graph hypothesis, broadly utilized to decide the foremost proficient hubs in a chart, such as on street systems (Pal, 1995). The algorithm operates on a graph  $G = (V, E)$ , where  $V$  represents the vertices and  $E$  the edges. The process begins by initializing the tentative distance for each vertex: the source vertex has zero, while all other vertices are initially assigned a distance of infinity. All vertices are marked as unvisited, and the source vertex is set as the current vertex. The algorithm then iteratively examines the unvisited neighbors of the current vertex, updating their tentative distances based on the shortest known path. Once all neighbors are processed, the vertex that is currently marked as visited will now be the one with the smallest tentative distance selected. This cycle continues until all vertices are visited or the smallest tentative distance among the unvisited vertices becomes infinite (Yu et al., 2024).

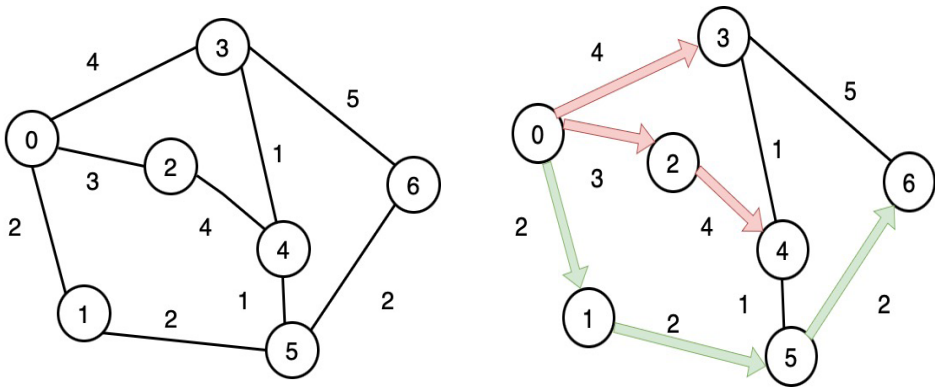


Fig. 3. Visualization of Dijkstra's algorithm

## Results and discussion.

### Data Collection

A comprehensive dataset compiled on various companies, which includes their precise geographical coordinates (i.e., longitude, latitude), business classifications, and district placements. These information focuses were sourced with fastidious care from 2GIS to guarantee their exactness and completeness. Essential objective in collecting this dataset is to utilize it as a foundational asset for creating ML calculations that can optimize logistics forms. The arranges (i.e., longitude, scope) are crucial for any geospatial investigations and for understanding assignments related to directing and geolocation. The district location provides additional context and allows for consideration of regional characteristics when making logistics decisions. The type of business allows for the classification of companies by industry and activity type, which is necessary for analyzing industry trends and resource planning. Each entry in the dataset is intricately

detailed, including business types for industry categorization, essential coordinates for geospatial analyses, and district locations for contextual understanding in logistic decision-making. This dataset spans a multitude of companies, providing a robust foundation for constructing and refining predictive models, streamlining delivery routes, and formulating strategies to elevate overall business process efficiency within the logistic cluster an interconnected network of enterprises offering a diverse range of logistics services.

Moreover, the data set is important in the deployment of spatial clustering algorithms because it gives high geolocation resolution. This has been made possible by the availability of accurate coordinates thus allowing accurate clustering of any logistics facility and location of services with real-world geography being the basis of the model outputs. Also, it is possible to complement the dataset with the temporal characteristics, including peak delivery time, seasonal demand fluctuations, and business working hours, which allows logistics planning to be more dynamic and responsive. Such a temporal-spatial combination is particularly necessary in the process of creating time-sensitive machine learning solutions that will be able to respond to varying circumstances in the city. The fullness of the dataset also would allow its use with multi-objective optimization problems, and trade-offs between distance, delivery time, and resource availability may be investigated. This would be very useful in city logistics operations where the decisions must compromise between being cost-effective or deliver good service. As an enhancement in the future this dataset can be tied with real time API feedbacks like traffic information, weather and schedule of events available to the public to make the system more contextually intelligent. Besides, it demonstrates the scalability of a similar template to other cities that desire to use their ML-based logistics optimization systems. Based on both extensibility and precision of this dataset, it will be useful both in the long-term operations and academics studies on urban informatics and smart city logistics.

### Data Visualization

Following the meticulous collection and compilation of a dataset on various companies within Astana, transitioned to transform this dataset into a visually interpretable format. This step was crucial for both simplifying complex data and facilitating detailed geographic analyses. To achieve this, 'folium' library was utilized to create an interactive map that visually represents each company's geographical positioning along with its business specifics. Clarity, interactivity, and analytical value principles were used during the visualization process. Graphical display is important in the conversion of raw coordinates to practical information in spatial data. Using the power of folium, the users can now examine the business environment of Astana interactively in a manner that cannot be achieved with either a table or a map. The mentioned maps could be used to support the decision making of logistic managers, urban planners as well as researchers, and help in defining the geographic clusters, geographies with compromised service, and delivery coverage optimization.



The map was initiated with a central focus on Astana. This central positioning on the map is essential as it provides a geographical context, helping to interpret spatial relationships between the data points. Such a visual frame is instrumental for stakeholders who rely on geographic layouts for strategic decision-making.

For additional usability, the map could be set to contain zoom, tailoring the map tiles, and layer selectors, which allow the filtering by business type or a district. The features give a multi dimensional image of the dataset thereby facilitating more detailed studies. To illustrate, the user can segregate a group of logistic firms in particular districts or can study the white spaces on the peripheral regions. At the same time, since business metadata is integrated in marker tooltips, this provides immediate access to company data without leaving the visualization and makes the experience very smooth.

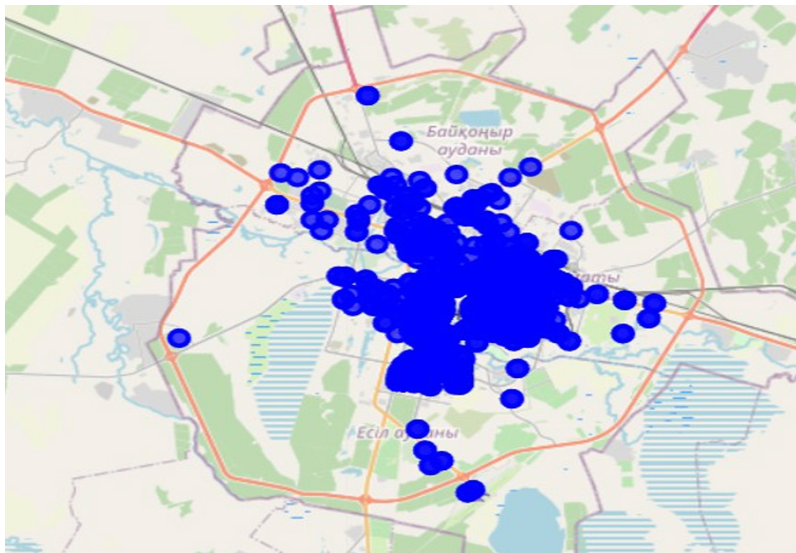


Fig. 4. Visualization of a folium map

‘CircleMarker’ tool within ‘folium’ was used to visually mark each company on the map, which allows for the creation of distinct, circular markers. Each data point is represented by a blue circular marker on the map, plotted based on its coordinates. These markers are designed to enhance visibility and uniformity. They also embed crucial information such as business type and district within their popup and tooltip, making the map not only informative but interactive. The resulting map is a dynamic visualization tool that displays the spatial distribution of businesses across Astana.

#### Spatial Data Analysis and Visualization Techniques

Data clustering using the K-means algorithm was implemented and visualized the results on a map. The data was divided into 3 clusters. Adding a column of clusters to the DataFrame (df). Next, we have a df containing Latitude and Longitude columns with the coordinates of the data points. The fit predict method of the K-means object is called. The fit predict method accomplishes two tasks:

```

logistics field: ['почта' 'кафе/ресторан' 'лог-кампния' 'доставка']
      Название    Долгота    Широта    район вид логистики
0      Казпочта  71.364747  51.135793    Нура район    почта
1              SF  71.421466  51.123062    Есиль район  кафе/ресторан
2              SF  71.444708  51.159920  Байконыр район  кафе/ресторан
3              SF  71.413177  51.100906    Есиль район  кафе/ресторан
4              SF  71.442174  51.093828    Есиль район  кафе/ресторан
...          ...      ...      ...      ...      ...
1300      Крендель  71.428763  51.130520    Есиль район  кафе/ресторан
1301      Лаундж-бар  71.426236  51.091852    Есиль район  кафе/ресторан
1302      Лепим и варим  71.408749  51.088617    Есиль район  кафе/ресторан
1303      Ми Ген  71.426090  51.149419    Есиль район  кафе/ресторан
1304      Наша пицца  71.426857  51.093043    Есиль район  кафе/ресторан

[1305 rows x 5 columns]

```

Fig. 5. DataFrame

Fits the model to the data.

Predicts the closest cluster each sample in the data belongs to.

The resulting DataFrame (df) will have a new column named Cluster that indicates the cluster to which each data point belongs.

Trains the K-means model on the latitude and longitude data from 'df[\'Latitude\', \'Longitude\']'.

Predicts clusters for each data point and stores the results in a new Cluster column in the same 'df'.

The Cluster column will contain integers from 0 to 2, where each number corresponds to the cluster to which the data point belongs. The execution time of each algorithm was given in Table 1. Even though Fuzzy C-means demonstrated a significantly lower execution time compared to K-means, this result is primarily attributed to implementation-specific factors and dataset characteristics rather than algorithmic superiority. The dataset used in this study is low-dimensional and moderately sized, allowing Fuzzy C-means to converge rapidly with minimal iterations. Contrary, the K-means implementation includes additional computational overhead related to initialization strategies and convergence checks. From a practical perspective, the observed time difference does not have a significant impact on real-time logistics systems, as clustering is typically performed offline or periodically, while real-time performance is constrained by routing algorithms and traffic-aware graph processing.

Table 1 – Execution time

Algorithm	Execution time (in seconds)
K-means	1.119977397918701
Fuzzy C-means	0.022998571395874023

### *K-means with Dijkstra's Algorithm*

The K-means algorithm from the scikit-learn library with a few clusters of 3 was initialized. This number represents the groups into which logistic objects will be orga-

nized based on their geographic coordinates. For visualization, each logistics facility is marked on an interactive map with a circle colored according to its cluster assignment. This not only aids in visual differentiation but also enhances strategic decision-making about resource allocation. Dijkstra's algorithm was also used to optimize routes in the urban environment of Astana. Using the OSMnx library, a graph of the Astana road network was constructed and applied Dijkstra's algorithm to determine the shortest paths between different logistic nodes.

These two algorithms, K-means and Dijkstra, when combined form a synergistic effect, where a whole spatial analysis and optimization of the path could be performed properly. The advantage of the clustering process is that it allows the cluster of facilities within shorter distances to be found and long distance journeys to and fro are limited and route planning can be done at local levels within each cluster. This reduces the amount of fuel used and the time of operation as well as efficiency of the delivery cycles. Also, the dynamic aspect of the Dijkstra algorithm permits its application to the real-world inconsistencies in traffic and constraints which is important in the urban environment where there are fluctuations in road loading and road availability. The usage of OSMnx library extends the real-world applicability of the model with the ability to use real-world geographical and infrastructural information provided in the OpenStreetMap. This makes sure that the results of the calculation are valid to the real road network of Astana and can be applied in the direct case of real actions of logistics. Further, stakeholders can easily navigate through various clusters and visualise an optimal path in a familiar user interface with the interactive map that has been created in HTML format. The usage of this visual interface is especially helpful when working with the decision-makers who are often not technically trained in data science and need clean actionable insights. The map includes hover-based tooltips, and cluster specific legend, more insights into the spatial network and routing connections are possible. Future enhancements could be the integration of real-time traffic through API calls as well as vehicle specific constraints using payload, fuel type or emission type. Altogether, even such a simple application demonstrates the potential of machine learning and graph theory coming together to make logistics management an efficient, smart, and data-driven environment.

The code combines the K-means clustering results and the optimized routing paths on an interactive map, which is saved as `combinedmap.html`. This visualization tool assists stakeholders in making informed decisions by providing an interactive view of logistical data and routing information. The obtained clustering results (Figures 6a and 6b) reveal a meaningful spatial and functional segmentation of Astana's urban structure. The first cluster corresponds to the central business districts characterized by high object density and a prevalence of office and service-oriented enterprises, which require high-frequency, time-sensitive logistics. The second cluster represents residential and mixed-use areas with a dominance of retail and consumer services, reflecting moderate and predictable delivery demand. The third cluster is associated with peripheral industrial and logistics zones, where warehouses and large-scale facilities are concentrated, prioritizing distance and cost efficiency. The alignment between spatial clusters and

business types confirms that the applied clustering methods capture the functional-economic geography of the city rather than performing purely geometric partitioning. Figure 6 (d) will provide a visual representation of data clustering using K-means with centroids and a route constructed using Dijkstra's algorithm on an interactive map.

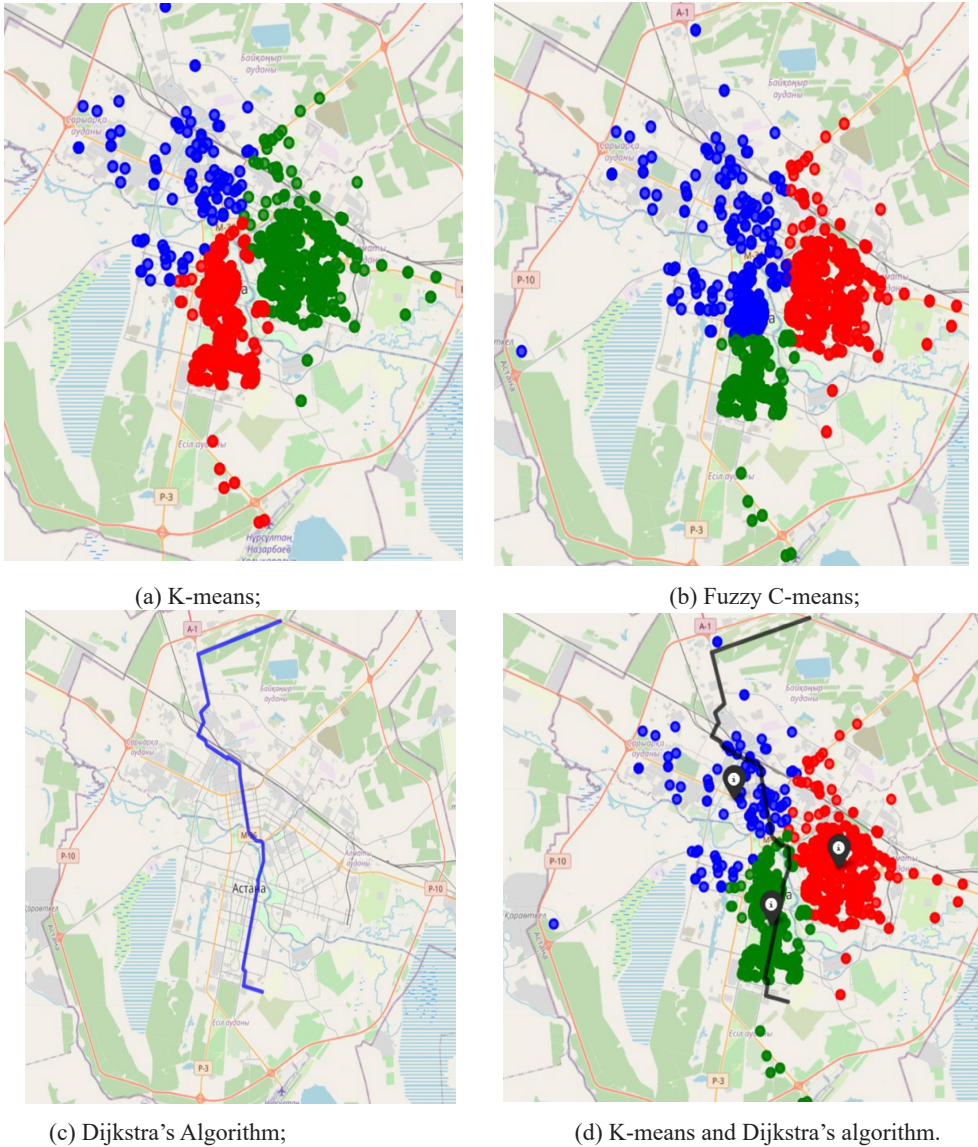


Fig. 6. Algorithms on the Map

## Conclusion.

The primary objective of the paper was to enhance the logistics efficiency in Astana by developing and implementing a ML model. This objective was accomplished through the application of K-means clustering and Dijkstra's calculation, which together optimized courses and progressed the administration of logistics. The inquiry start-

ed with a comprehensive audit of the vital part and affect of transportation logistics clusters in supply chain administration. This included an examination of the centrality of logistics clusters, their affect on industry flow and territorial advancement, and the challenges confronted in transport logistics operations. The part of mechanical clusters in cultivating little trade development and productivity, especially within the setting of Astana city. To address the distinguished challenges, different strategies for making transport foundation choices were assessed, counting the mechanics of K-means and Fuzzy C-means clustering calculations and the application of chart hypothesis and Dijkstra's calculation. The dataset for this work was collected, including geological arrangements, commerce classifications, and area situations of different companies in Astana. This information shaped the establishment for creating the ML models. The comes about area point by point the information visualization procedures utilized, counting the utilize of the 'folium' library to make intuitively maps, and the usage of K-means and Fuzzy C-means clustering calculations to recognize ideal areas for logistics offices. Dijkstra's calculation was utilized to optimize courses inside the urban environment, progressing the productivity of logistics operations. The application of these calculations illustrated an outstanding enhancement in logistics operations, contributing to Astana's improvement as a smart city. The use of K-means clustering improved asset arrangement over the city, whereas Dijkstra's calculation made strides course arranging, subsequently decreasing travel times and operational costs. Along with a technical implementation, the research also concerned the real applicability of smart logistics structures in real-life urban environments. In the case of the developed models, it is possible to adjust them to different city sizes; also, they can be applied in other cities with similar logistical peculiarities. Such flexibility assures wider applicability and sustainability of the intended solutions. One more remarkable input of the study is related to its multidisciplinary contributions, as the theory is based on the intersection of urban planning, artificial intelligence, and transportation engineering solutions to the complex logistic problems. The outcome of the research can be used by stakeholders such as municipal officials, logistic firms, data analysts who want to achieve effective and green strategies in city-freight transportation. Another benefit of incorporating machine learning algorithms in logistics is its paving the way to environmentally-sound decision-making, i.e., lowering the level of carbon emissions generated by optimizing routes and clustering-based consolidation of the delivery services. Moreover, interactive maps created using geospatial visualization tools, e.g., Folium, do not only improve spatial distribution understanding but also facilitate adequate decisions by the city government. They allow the better use of the resources by enabling them to locate areas with a high demand, bottlenecks, and underutilized areas with the assistance of these maps. Lastly this study highlights the role of smart city infrastructure in the realisation of United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) especially in the areas of sustainable cities and communities, innovation, and climate action. As the proposed methodology would address both the efficiency of operation and the sustainability of environment, this will make Astana an example of how the digitalization of urban logistic processes should be organized

## REFERENCES

- Barabási A.L. & Oltvai Z.N. (2004). Network biology: Understanding the cell's functional organization // *Nature Reviews Genetic.* — Vol. 5. — Pp. 101–113. <https://doi.org/10.1038/nrg1272> [in Eng.].
- Bezdek J.C., Ehrlich R. & Full W. (2020). FCM: The fuzzy c-means clustering. *Computers & Geosciences.* — Vol. 10. — Pp. 191–203. [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(84\)90020-7](https://doi.org/10.1016/0098-3004(84)90020-7) [in Eng.].
- Bradley P. S. & Fayyad U.M. (1998). Refining initial points for K-means clustering. — Proceedings of the 15th International Conference on Machine Learning. Pp. 91–99. <https://doi.org/10.5555/645527.657466> [in Eng.].
- Bouhmal N. (2016). How good is the Euclidean distance metric for the clustering problem. — 2016. 5th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI). Pp. 312–315. <https://doi.org/10.1109/IIAI-AAI.2016.26>. [in Eng.].
- Christopher M. & Peck H. (2020). Building the resilient supply chain // *International Journal of Logistics Management.* — Vol. 31. — Pp. 1–14. <https://doi.org/10.1108/09574090410700275> [in Eng.].
- Cohen S. & Kietzmann J. (2014). Ride on! Mobility business models for the sharing economy. — *Organization & Environment.* — Vol. 27. — Pp. 279–296. <https://doi.org/10.1177/1086026614546199> [in Eng.].
- Cormen T.H., Leiserson C.E., Rivest R.L. & Stein C. (2019). Introduction to algorithms. — MIT Press. [in Eng.].
- Dijkstra E. W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. — *Numerische Mathematik.* — Vol. 1. — Pp. 269–271. <https://doi.org/10.1007/BF01386390> [in Eng.].
- Dunn J. C. (2019). A fuzzy relative of the ISODATA process and its use in detecting compact well-separated clusters. — *Journal of Cybernetics.* — Vol. 3. — Pp. 32–57. <https://doi.org/10.1080/01969727308546046> [in Eng.].
- Glaeser E.L. & Kahn M.E. (2019). The greenness of cities: Carbon dioxide emissions and urban development. — *Journal of Urban Economics.* — Vol. 110. — Pp. 404–418. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jue.2009.11.006> [in Eng.].
- Harary F. (2018). Graph theory. — CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429493768> [in Eng.].
- Jain A.K. (2019). Data clustering: 50 years beyond K-means // *Pattern Recognition Letters.* — Vol. 31. — Pp. 651–666. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2009.09.011> [in Eng.].
- Lee D.C. (2006). Proof of a modified Dijkstra's algorithm for computing shortest bundle delay in networks with deterministically time-varying links. — *IEEE Communications Letters.* — Vol. 10. — Pp. 734–736. <https://doi.org/10.1109/LCOMM.2006.051982> [in Eng.].
- Miyamoto S. & Mukaidono M. (1997). Fuzzy c-means as a regularization and maximum entropy approach. — In: Proceedings of the 7th Fuzzy System Association World Congress, Prague, Czech Republic. — Vol. 2. — Pp. 86–92 [in Eng.].
- Pal N.R. & Bezdek J. C. (1995). On cluster validity for the fuzzy c-means model // *IEEE Transactions on Fuzzy Systems.* — Vol. 3. — Pp. 370–379. <https://doi.org/10.1109/91.413225> [in Eng.].
- Yu C. & Xu F. (2024). Research on travel route recommendation algorithm based on graph neural network // 2024 IEEE 2nd International Conference on Image Processing and Computer Applications (ICIPCA). Pp. 855–859. <https://doi.org/10.1109/ICIPCA61593.2024.10709327> [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).