

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

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

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

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

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

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

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

Алимуралиев 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 ASTANA9

L. Kurmangaziyeva, Sh. Kodanova, M. Urazgaliyeva, O. Findik, S. Iskakova
INTEGRATING FUZZY LOGIC AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN OPTIMIZING BUSINESS PROCESS AUTOMATION DECISIONS24

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 METHOD46

V.A. Takizhanov, A.Z. Ibragimov, A. Shalakhmetov
SIMULATION-BASED ROBUSTNESS ASSESSMENT OF ASTANA'S BUS NETWORK UNDER RANDOM AND TARGETED FAILURES61

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 MECHANISMS76

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 BACTERIA128

G. Kalman, J. Kultan, A.N. Ismukamova, N.M. Ausilova, Y.V. Makhatova
A DOMAIN-KNOWLEDGE-BASED MODEL FOR REFERENCE RESOLUTION IN LOW-RESOURCE LANGUAGES141

Y. Kamen, Zh. Yessendauletova, L. Fazylova, M. Rakhimzhanova, A.M. Nedzved
USING NEURAL NETWORKS FOR OBJECTIVE ASSESSMENT OF ATTENTION IN CHILDREN BASED ON EEG DATA158

A.Ye. Kulakayeva, Ye.A. Bakhtiyarova, G.T. Jakanova, Sh. Nursultan
COMPARATIVE ANALYSIS OF VARIOUS RADIO WAVE PROPAGATION MODELS FOR MOBILE NETWORK COVERAGE PREDICTION173

M.B. Nurpeissova, Sh.K. Aitkazinova, A.M. Abenov, N.S. Donenbayeva
METHODOLOGY FOR TRANSFORMING SATELLITE COORDINATES INTO A TOPOCENTRIC RECTANGULAR COORDINATE SYSTEM189

A. Ospanov, P. Alonso-Jordá, A. Zhumadillayeva
BLOCKCHAIN-ENABLED ERP WAREHOUSE INTEGRATION WITH IOT DIMENSIONERS AND MACHINE LEARNING-OPTIMIZED DIMENSIONAL WEIGHT RECONCILIATION202

A.A. Sakhipov, R.B. Seitbek
EVENT-DRIVEN MICROSERVICES FOR INCIDENT DETECTION AND RESPONSE IN INTELLIGENT TRAFFIC SYSTEM218

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 MODEL231

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.....	244
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	270
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	292
V.A. Kumalakov, A.O. Dargulova A HYBRID FRAMEWORK FOR RESUME-JOB MATCHING SYSTEM	311
V. Makhatova, B. Dzhugembayeva, A. Gabdulova, L. Nurgaliyeva, A. Abdigaliyeva MATHEMATICAL MODEL FOR OPTIMAL SENSOR SELECTION IN SIEM SYSTEMS USING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS	326

МАЗМҰНЫ

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

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

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

М.Б. Нұрпейісова, Ш.Қ. Айтқазынова, А.М. Абенов, 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
--	----

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	89
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	109
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	128
Г. Калман, К. Ярослав, А.Н. Исмуканова, Н.М. Аусилова, В.Е. Махатова МОДЕЛЬ НА ОСНОВЕ ЗНАНИЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ РАЗРЕШЕНИЯ КОРЕФЕРЕНЦИИ В МАЛОРЕСУРСНЫХ ЯЗЫКАХ	141
Е.Г. Камен, Ж.Т. Есендаулетова, Л.С. Фазылова, М.Б. Рахимжанова, А.М. Недзьведь ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ ВНИМАНИЯ У ДЕТЕЙ ПО ДАННЫМ ЭЭГ	158
А.Е. Кулакаева, Е.А. Бахтиярова, Г.Т. Джаканова, Ш. Нурсултан СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЯ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ	173
М.Б. Нурпенсова, Ш.К. Айтказинова, А.М. Абеннов, Н.С. Доненбаева МЕТОДИКА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ КООРДИНАТ В ТОПОЦЕНТРИЧЕСКУЮ ПРЯМОУГОЛЬНУЮ СИСТЕМУ КООРДИНАТ	189
А. Оспанов, П. Алонсо-Хорда, А. Жумадиллаева ИНТЕГРАЦИЯ СКЛАДСКИХ МОДУЛЕЙ ERP-СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛОКЧЕЙНА, IOT-ДИМЕНСИОНЕРОВ И ОПТИМИЗИРОВАННОГО МАШИНЫМ ОБУЧЕНИЕМ РАСЧЁТА ГАБАРИТНО-ГО ВЕСА	202
А.А. Сахипов, Р.Б. Сейитбек СОБЫТИЯ-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МИКРОСЕРВИСЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И РЕАГИРОВАНИЯ НА ИНЦИДЕНТЫ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ	218
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	231
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	244
Т.К. Жукабаева, Д.Б. Баумуратова, Е. Бенкхелифа, Н.А. Ниетбаева МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ АТАК В КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАНИЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ	270
Н.Е. Карабаев, С.К. Серикбаева, Е.М. Марденов, Б. Тасуов, М. Файкус ОБНАРУЖЕНИЕ КИБЕРАТАК В ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЯХ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	292
Б.А. Кумалаков, А.О. Даргулова ГИБРИДНЫЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ ПОДБОРУ КАНДИДАТОВ НА ОСНОВЕ СОПОСТАВЛЕНИЯ РЕЗЮМЕ И ВАКАНСИЙ	311
В. Махатова, Б. Джугембаева, А. Габдулова, Л. Нургалиева, А. Абдигалиева МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО СЕНСОРА В SIEM-СИСТЕМАХ СРЕДСТВАМИ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ	326

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 7. Is.1. Number 25 (2026). Pp. 24–45

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

<https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.25.1.002>

INTEGRATING FUZZY LOGIC AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN OPTIMIZING BUSINESS PROCESS AUTOMATION DECISIONS

L. Kurmangaziyeva¹, Sh. Kodanova^{2}, M. Urazgaliyeva³, O. Findik⁴, S. Iskakova²*

¹Kh. Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau, Kazakhstan;

²S. Utebayev Atyrau Oil and Gas University, Atyrau, Kazakhstan;

³West Kazakhstan Innovative and Technological University, Uralsk,
Kazakhstan;

⁴Karabuk University, Karabuk, Turkiye.

E-mail: kodanova_s@mail.ru

Lyailya Kurmangaziyeva — Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Software Engineering, Kh. Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau, Kazakhstan
E-mail: kurmangazieval@mail.ru, <https://orcid.org/0000000306407306>;

Shynar Kodanova — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Faculty of Information Technology, Safi Utebayev Atyrau Oil and Gas University, Atyrau, Kazakhstan

E-mail: kodanova_s@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1589-4268>;

Meiramgul Urazgaliyeva — Master of Technical Sciences, West Kazakhstan Innovative and Technological University, Uralsk, Kazakhstan

E-mail: mira_090578@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0640-7306>;

Oguz Findik — PhD, Department of Computer Engineering Karabuk University, Karabuk, Turkiye

E-mail: oguzfindik@karabuk.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-5069-6470>;

Sandugash Iskakova — Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Software Engineering, Kh. Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau, Kazakhstan

E-mail: Iskakova_sh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6589-854X>.

© L. Kurmangaziyeva, Sh. Kodanova, O. Findik, S. Iskakova, M. Urazgaliyeva

Abstract. The paper examines the application of artificial intelligence methods for optimizing business decision-making processes in modern enterprises operating under conditions of uncertainty and digital transformation. The study focuses on the development of an intelligent fuzzy model designed to support the selection of a robotic process automation (RPA) platform for trade and manufacturing companies. The primary objective of the research is to enhance the efficiency, transparency, and justification of managerial decisions during the implementation of RPA technologies in complex



and multi-criteria environments. The proposed approach is based on fuzzy logic theory and a fuzzy inference mechanism, enabling the formalization of expert knowledge and the integration of qualitative and quantitative evaluation criteria. The model has been implemented in the FuzzyTECH software environment and structured around three key groups of parameters characterizing RPA platforms: functionality, security, and accessibility. Each parameter is represented through linguistic variables and evaluated using a multi-level fuzzy scale. A comparative analysis of five widely used RPA platforms-PIX Robotics, Primo RPA, Robin, Sherpa RPA, and ROOMY bots-was conducted to validate the effectiveness of the developed model. The results demonstrate that the fuzzy model ensures a comprehensive and objective assessment of platform compliance with enterprise requirements while reducing subjectivity in expert evaluation. The study confirms that the proposed decision-support framework can be adapted to various industries and extended by incorporating additional economic or organizational criteria, thus contributing to the advancement of intelligent business process optimization methodologies.

Keywords: artificial intelligence, fuzzy logic, robotic process automation, Fuzzy-TECH, decision support, business process optimization

For citation: L. Kurmangaziyeva, Sh. Kodanova, M. Urazgaliyeva, O. Findik, S. Iskakova (2026). Integrating fuzzy logic and artificial intelligence in optimizing business process automation decisions // International journal of information and communication technologies. Vol. 7. No. 25. Pp. 24–45. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.25.1.002>. (In Eng.).

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

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ПЕН АЙҚЫН ЕМЕС ЛОГИКАНЫ БІРІКТІРУ АРҚЫЛЫ БИЗНЕС-ПРОЦЕСТЕРДІ АВТОМАТТАНДЫРУ ШЕШІМДЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Л.Курмангазиева¹, Ш. Қоданова^{2}, М. Уразгалиева³, О. Findik⁴, С. Искакова²*

¹ Х. Досмұхамедов атындағы Атырау университеті, Атырау, Қазақстан;

² Атырау мұнай және газ университеті, Атырау, Қазақстан;

³ Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті Орал, Қазақстан;

⁴ Қарабүк университеті, Қарабүк, Түркия.

E-mail: kodanova_s@mail.ru

Курмангазиева Ляйля — техника ғылымдарының кандидаты, Х. Досмұхамедов атындағы Атырау университетінің «Бағдарламалық инженерия» кафедрасының профессоры

E-mail: kurmangazieval@mail.ru, <https://orcid.org/0000000306407306>;

Коданова Шынар — техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, Ақпараттық технологиялар факультеті, Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті

E-mail: kodanova_s@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1589-4268>;

Уразғалиева Мейрамгүл — техника ғылымдарының магистрі, Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті

E-mail: mira_090578@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0640-7306>;

Финдик Оғуз — философия докторы (PhD), Қарабүк университетінің Компьютерлік инженерия кафедрасы

E-mail: oguzfindik@karabuk.edu.tr, 0000-0001-5069-6470;

Искакова Сандуғаш — техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, Ақпараттық технологиялар факультеті, Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті

E-mail: Iskakova_sh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6589-854X>.

© Л. Курманғазиева, Ш. Коданова, М. Уразғалиева, О. Финдик, С. Искакова

Аннотация. Бұл жұмыста белгісіздік және цифрлық трансформация жағдайында қызмет ететін заманауи кәсіпорындарда басқарушылық шешімдерді оңтайландыру мақсатында жасанды интеллект әдістерін қолдану қарастырылады. Зерттеу сауда және өндірістік компаниялар үшін роботтандырылған бизнес-процестерді автоматтандыру (RPA) платформасын таңдауды қолдауға арналған интеллектуалды айқын емес модельді әзірлеуге бағытталған. Зерттеудің негізгі мақсаты – күрделі және көпкритерийлі ортада RPA технологияларын енгізу кезінде басқарушылық шешімдердің тиімділігін, ашықтығын және негізділігін арттыру. Ұсынылған тәсіл айқын емес логика теориясына және айқын емес логикалық қорытынды механизміне негізделген, бұл сараптамалық білімді формализациялауға және бағалаудың сапалық және сандық критерийлерін біріктіруге мүмкіндік береді. Модель FuzzyTECH бағдарламалық ортасында жүзеге асырылып, RPA-платформаларды сипаттайтын үш негізгі параметрлер тобы бойынша құрылымдалған: функционалдылық, қауіпсіздік және қолжетімділік. Әрбір параметр лингвистикалық айнымалылар түрінде ұсынылып, көпдеңгейлі айқын емес шкала арқылы бағаланады. Әзірленген модельдің тиімділігін тексеру мақсатында кеңінен қолданылатын бес RPA-платформаға — PIX Robotics, Primo RPA, Robin, Sherpa RPA және ROOMY bots - салыстырмалы талдау жүргізілді. Нәтижелер айқын емес модельдің кәсіпорын талаптарына платформалардың сәйкестігін жан-жақты әрі объективті бағалауға мүмкіндік беретінін және сараптамалық бағалаудағы субъективтілікті төмендететінін көрсетті. Зерттеу нәтижелері ұсынылған шешім қабылдауды қолдау жүйесінің түрлі салаларға бейімделе алатынын және экономикалық немесе ұйымдастырушылық қосымша критерийлерді енгізу арқылы кеңейтілуі мүмкін екенін дәлелдейді, бұл бизнес-процестерді интеллектуалды оңтайландыру әдіснамаларын дамытуға ықпал етеді.

Түйін сөздер: жасанды интеллект, бұлдыр логика, роботтандырылған бизнес-процестерді автоматтандыру, FuzzyTECH, шешім қабылдауды қолдау, бизнес-процестерді оңтайландыру

Дәйексөздер үшін: Л. Курманғазиева, Ш. Коданова, М. Уразғалиева, О. Финдик, С. Искакова (2026). Жасанды интеллект пен айқын емес логиканы

біріктіру арқылы бизнес-процестерді автоматтандыру шешімдерін оңтайландыру // Халықаралық ақпараттық және коммуникалық технологиялар журналы. Т. 7. No. 25. 24–45 бет. <https://doi.org/10.54309/IJCT.2026.25.1.002> (Ағыл. тіл.).

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

ИНТЕГРАЦИЯ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕШЕНИЙ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Л. Курмангазиева¹, Ш. Коданова^{2}, М. Уразгалиева³, О. Финдик⁴, С. Исакова²*

¹Атырауский университет имени Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан;

²Атырауский университет нефти и газа имени С. Утебаева, Атырау, Казахстан;

³Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, Уральск, Казахстан;

⁴Карабюкский университет, Карабюк, Турция.

E-mail: kodanova_s@mail.ru

Курмангазиева Ляйля — кандидат технических наук, профессор кафедры «Программная инженерия» Атырауского университета имени Х. Досмухамедова
E-mail: kurmangazieval@mail.ru, <https://orcid.org/0000000306407306>;

Коданова Шынар — кандидат технических наук, ассоциированный профессор факультета информационных технологий Атырауского университета нефти и газа имени С. Утебаева

E-mail: kodanova_s@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1589-4268>;

Уразгалиева Мейрамгүл — магистр технических наук, Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет

E-mail: mira_090578@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0640-7306>;

Финдик Огуз — доктор философии (PhD), кафедра компьютерной инженерии Карабюкского университета

E-mail: oguzfindik@karabuk.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-5069-6470>;

Исакова Сандугаш — кандидат технических наук, ассоциированный профессор факультета информационных технологий Атырауского университета нефти и газа имени С. Утебаева

E-mail: Iskacova_sh@mail.ru, 0000-0002-6589-854X.

© Л. Курмангазиева, Ш. Коданова, М. Уразгалиева, О. Финдик, С. Исакова

Аннотация. В работе рассматривается применение методов искусственного интеллекта для оптимизации процессов принятия управленческих решений на современных предприятиях, функционирующих в условиях неопределённости и цифровой трансформации. Исследование сосредоточено на разработке интеллектуальной нечеткой модели, предназначенной для поддержки выбора

платформы роботизированной автоматизации бизнес-процессов (RPA) для торговых и производственных компаний. Основная цель исследования заключается в повышении эффективности, прозрачности и обоснованности управленческих решений при внедрении технологий RPA в сложной многокритериальной среде. Предложенный подход основан на теории нечеткой логики и механизме нечеткого логического вывода, что позволяет формализовать экспертные знания и интегрировать качественные и количественные критерии оценки. Модель реализована в программной среде FuzzyTECH и структурирована по трём ключевым группам параметров, характеризующих RPA-платформы: функциональность, безопасность и доступность. Каждый параметр представлен в виде лингвистических переменных и оценивается с использованием многоуровневой нечеткой шкалы. Для проверки эффективности разработанной модели проведён сравнительный анализ пяти широко используемых RPA-платформ- PIX Robotics, Primo RPA, Robin, Sherpa RPA и ROOMY bots. Результаты демонстрируют, что нечеткая модель обеспечивает комплексную и объективную оценку соответствия платформ требованиям предприятия, снижая субъективность экспертных оценок. Исследование подтверждает, что предложенная система поддержки принятия решений может быть адаптирована для различных отраслей и расширена за счёт включения дополнительных экономических и организационных критериев, что способствует развитию интеллектуальных методологий оптимизации бизнес-процессов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нечеткая логика, роботизированная автоматизация бизнес-процессов, FuzzyTECH, принятие решений, оптимизация бизнес-процессов

Для цитирования: Л. Курмангазиева, Ш. Коданова, М. Уразгалиева, О. Финдик, С. Исакова (2026). Интеграция нечеткой логики и искусственного интеллекта при оптимизации решений по автоматизации бизнес-процессов // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. Vol. 7. No. 25. Pp. 24–45. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.25.1.002>. (In Eng.).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Introduction.

The modern era is characterized by the rapid development of digital technologies, leading to significant changes in the economy, industry, and management. As enterprises digitalize and transition to smart manufacturing, the use of artificial intelligence (AI) and robotic process automation (RPA) technologies is becoming crucial. These technologies enable companies to optimize operations, reduce costs, improve the quality of products and services, and accelerate data-driven management decision-making.

The relevance of this topic stems from the need to improve the efficiency of business processes in the face of increasing competition, external instability, and the need for flexible responses to market changes. Traditional approaches to enterprise management are becoming insufficient, as they do not allow for the rapid processing of large

volumes of information or the forecasting of possible development scenarios. Artificial intelligence methods provide tools for analyzing, modeling, and optimizing processes, facilitating the transition of enterprises to a qualitatively new level of digital management.

Robotic automation technologies, which can mimic human actions when working with information systems, are particularly important. Software robots perform routine operations-data processing, reporting, and customer interaction-without human intervention, ensuring accuracy, stability, and high productivity. The use of RPA is especially relevant for retail and manufacturing companies, where the number of repetitive operations is high and the demands on information processing speed are constantly increasing (Zadeh, 1965).

However, when implementing RPA, a key task arises - choosing the optimal platform for robotic automation of business processes. There is a wide range of domestic and foreign solutions that differ in functionality, architecture, cost and degree of integration with existing systems (Mamdani, E.H et al., 1975). Choosing a suitable platform requires a comprehensive assessment of many factors, which is associated with the uncertainty and subjectivity of expert assessments. In these conditions, the use of fuzzy logic and intelligent modeling methods becomes a rational tool (Softline Corporation, 2022).

The use of fuzzy models allows for the consideration of uncertainty, fuzziness, and incompleteness of source data. Such models provide a more flexible and realistic representation of expert knowledge than classical deterministic approaches. Fuzzy modeling makes it possible to formalize expert judgments and translate them into quantitative assessments, which is especially important when analyzing multi-criteria problems, such as selecting an RPA platform (IKS). (Media, 2021).

The aim of this study is to develop an intelligent fuzzy model for selecting a platform for robotization of processes in a trade and manufacturing enterprise (Zimmermann et al., 2001).

FuzzyTECH software environment, which provides extensive capabilities for constructing and analyzing decision support systems, was chosen as the implementation tool.

The scientific novelty of the work lies in the development and testing of an intelligent fuzzy model that provides a quantitative assessment of the platform's compliance with enterprise requirements based on expert and statistical data (Van der Aalst et.al., 2018).

The practical significance of the study lies in the possibility of using the created model to select the optimal RPA platform, as well as to adapt the methodology to the needs of other industries that require decision-making under conditions of uncertainty (Delen, D et.al., 2018).

Thus, the development of an intelligent fuzzy model for selecting a platform for robotic business processes is a relevant scientific and practical task aimed at improving management methods and increasing the efficiency of modern enterprises (Syed, et al., 2020).



Materials and Methods

Description of a fuzzy model for selecting a platform for robotic automation of processes in a trade and manufacturing enterprise.

We describe the development of a fuzzy model for selecting a platform for robotic process automation at a retail and manufacturing enterprise. Before implementing the model in the FuzzTECH software environment, it is necessary to define the input and output variables, as well as their relationships and sets of fuzzy rules (Van der Aalst et.al., 2018).

Our model will include three sets of variables. The first will assess the platform's compliance with the customer's functional requirements, the second will assess the platform's compliance with security requirements, and the third will assess the platform's availability for robotics.

Let's describe all the variables. The input parameters of the first intermediate variable Y_1 , reflecting the platform's functionality, will be three linguistic variables:

X_1 - the ability of software robots to interact not only with basic web and desktop applications, but also with external business systems, the availability of tools for building complex processes from various robots.

X_2 - operating systems supported by the platform (multisystem), supported programming languages, supported DBMS.

X_3 - functionality available: Optical Character Recognition (OCR), speech synthesis and recognition, availability of Low - Code and No - Code programming.

The input parameters of the second intermediate variable Y_2 , which evaluates compliance with the safety requirements of the robotic platform, will be 2 linguistic variables:

X_4 - the presence of protection against unauthorized access, methods of verification and control of changes in accordance with the role model, the ability to manage rights for robots, workstations, users, actions, the presence of an audit of user actions, the presence of a password storage;

X_5 - presence in the Register of domestic software, compliance with Law "On personal data".

The input parameters of the third intermediate variable Y_3 , responsible for accessibility, will be the following linguistic variables:

X_6 - availability of technical support, community, training, trial period, demo version of the platform;

X_7 - number of clients, number of implemented robots, presence of awards and prizes from thematic competitions.

the term sets of input linguistic variables X_1 - X_7 as sets T_1 - $T_7 = \{\ll \text{Low} \gg (\text{low}), \ll \text{Medium} \gg (\text{medium}), \ll \text{High} \gg (\text{high})\}$.

The variable term sets will be scored as follows. X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_6 X_7 will be scored from 0 to 10, where 0 to 3 is poor performance, 4 to 7 is average performance, and 8 to 10 is excellent performance.

The terms of the intermediate and output variables will have a rating from 0 to 10,

where values from 0 to 3 indicate low compliance with customer requirements, from 3 to 6 indicate moderate compliance with customer requirements, and from 7 to 10 indicate high compliance with customer requirements.

Let us compile a list of heuristic rules for intermediate variables Y_1 , Y_2 , Y_3 , with the help of which the final output variable Y will be calculated.

For the variable Y_1 , 27 rules were compiled, presented in Figure 1.

Номер правила	IF X1	AND X2	AND X3	THEN Y1
1.	LOW	LOW	LOW	LOW
2.	LOW	LOW	MEDIUM	LOW
3.	LOW	LOW	HIGH	MEDIUM
4.	LOW	MEDIUM	LOW	LOW
5.	LOW	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM
6.	LOW	MEDIUM	HIGH	MEDIUM
7.	LOW	HIGH	LOW	MEDIUM
8.	LOW	HIGH	MEDIUM	MEDIUM
9.	LOW	HIGH	HIGH	MEDIUM
10.	MEDIUM	LOW	LOW	LOW
11.	MEDIUM	LOW	MEDIUM	MEDIUM
12.	MEDIUM	LOW	HIGH	MEDIUM
13.	MEDIUM	MEDIUM	LOW	MEDIUM
14.	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM
15.	MEDIUM	MEDIUM	HIGH	HIGH
16.	MEDIUM	HIGH	LOW	MEDIUM
17.	MEDIUM	HIGH	MEDIUM	MEDIUM
18.	MEDIUM	HIGH	HIGH	HIGH
19.	HIGH	LOW	LOW	MEDIUM
20.	HIGH	LOW	MEDIUM	MEDIUM
21.	HIGH	LOW	HIGH	MEDIUM
22.	HIGH	MEDIUM	LOW	MEDIUM
23.	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM
24.	HIGH	MEDIUM	HIGH	HIGH
25.	HIGH	HIGH	LOW	MEDIUM
26.	HIGH	HIGH	MEDIUM	HIGH
27.	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH

Fig. 1. Rules for variable Y_1

For the variable Y_2 , nine rules have been created, presented in Figure 2

Номер правила	IF X4	AND X5	THEN Y2
1.	LOW	LOW	LOW
2.	LOW	MEDIUM	MEDIUM
3.	LOW	HIGH	MEDIUM
4.	MEDIUM	LOW	LOW
5.	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM
6.	MEDIUM	HIGH	HIGH
7.	HIGH	LOW	LOW
8.	HIGH	MEDIUM	MEDIUM
9.	HIGH	HIGH	HIGH

Fig. 2. Rules for variable Y_1

For variable Y_3 the following rules will apply, as shown in Figure 3.

Номер правила	IF X6	AND X7	THEN Y3
1.	LOW	LOW	LOW
2.	LOW	MEDIUM	MEDIUM
3.	LOW	HIGH	MEDIUM
4.	MEDIUM	LOW	LOW
5.	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM
6.	MEDIUM	HIGH	HIGH
7.	HIGH	LOW	MEDIUM
8.	HIGH	MEDIUM	HIGH
9.	HIGH	HIGH	HIGH

Fig. 3. Rules for variable Y_3

For the variable Y, 27 rules were formulated, presented in Figure 4.

Номер правила	IF Y1	AND Y2	AND Y3	THEN Y
1.	LOW	LOW	LOW	LOW
2.	LOW	LOW	MEDIUM	LOW
3.	LOW	LOW	HIGH	LOW
4.	LOW	MEDIUM	LOW	LOW
5.	LOW	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM
6.	LOW	MEDIUM	HIGH	MEDIUM
7.	LOW	HIGH	LOW	MEDIUM
8.	LOW	HIGH	MEDIUM	MEDIUM
9.	LOW	HIGH	HIGH	MEDIUM
10.	MEDIUM	LOW	LOW	LOW
11.	MEDIUM	LOW	MEDIUM	LOW
12.	MEDIUM	LOW	HIGH	LOW
13.	MEDIUM	MEDIUM	LOW	MEDIUM
14.	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM
15.	MEDIUM	MEDIUM	HIGH	MEDIUM
16.	MEDIUM	HIGH	LOW	MEDIUM
17.	MEDIUM	HIGH	MEDIUM	HIGH
18.	MEDIUM	HIGH	HIGH	HIGH
19.	HIGH	LOW	LOW	LOW
20.	HIGH	LOW	MEDIUM	LOW
21.	HIGH	LOW	HIGH	LOW
22.	HIGH	MEDIUM	LOW	MEDIUM
23.	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM
24.	HIGH	MEDIUM	HIGH	MEDIUM
25.	HIGH	HIGH	LOW	MEDIUM
26.	HIGH	HIGH	MEDIUM	HIGH
27.	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH

Fig. 4. Rules for variable Y

Thus, blocks of rules were prescribed, all linguistic variables were described, and heuristic rules were compiled to create a fuzzy model for assessing the quality of software product implementation.

Implementation of a Fuzzy Model in the FUZZYTECH Environment

We'll walk through the step-by-step creation and configuration of a fuzzy model for robotic platform selection in FuzzyTECH. To do this, we'll create six input variables, three intermediate variables, and one output variable.

As a result of setting up the above actions, we obtain the final fuzzy model for selecting a robotics platform (Figure 5).

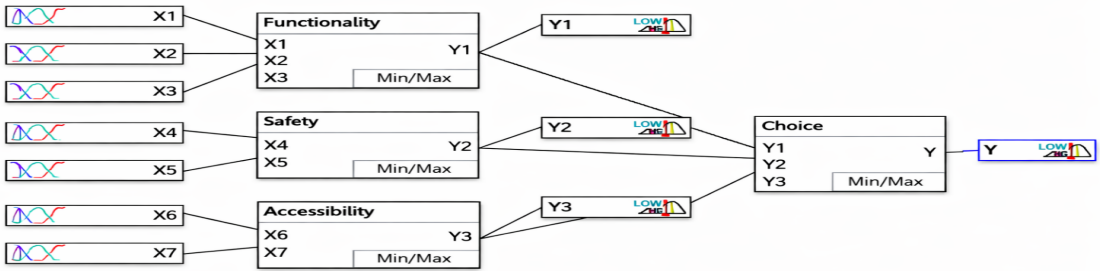


Fig. 5. Fuzzy model of the quality level of software product implementation

Next, we set up membership graphs for each variable of our fuzzy model as shown in Figures 33–39.

The next step is to set up rule blocks for intermediate and output variables. To do this, go to the rule editor for each block and use the rule block filling function. Afterwards, we check the correctness of the resulting rules and obtain the following rule blocks (see Figures 6–10).

Spreadsheet Rule Editor - Functionality

#	X1	X2	X3	THEN DoS	Y1
1	low	low	low	1.00	low
2	low	low	medium	1.00	low
3	low	medium	high	1.00	medium
4	low	high	low	1.00	medium
5	low	high	medium	1.00	low
6	medium	low	low	1.00	medium
7	medium	low	medium	1.00	medium
8	medium	medium	high	1.00	low
9	medium	medium	low	1.00	medium
10	medium	medium	medium	1.00	medium
11	medium	high	low	1.00	low
12	medium	low	medium	1.00	medium
13	medium	high	high	1.00	medium
14	medium	low	low	1.00	medium
15	medium	medium	medium	1.00	high
16	medium	high	high	1.00	medium
17	medium	low	low	1.00	high
18	medium	high	medium	1.00	medium
19	high	high	low	1.00	medium
20	high	low	medium	1.00	high
21	high	medium	high	1.00	medium
22	high	high	low	1.00	medium
23	high	high	medium	1.00	high
24	high	high	high	1.00	medium
25	high	high	low	1.00	medium
26	high	high	medium	1.00	high
27	high	high	high	1.00	high

Fig. 6. Block of rules for variable Y₁



#	IF		THEN	
	X4	X5	DoS	Y2
1	low	low	1.00	low
2	low	medium	1.00	medium
3	low	high	1.00	medium
4	medium	low	1.00	low
5	medium	medium	1.00	medium
6	medium	high	1.00	high
7	high	low	1.00	low
8	high	medium	1.00	medium
9	high	high	1.00	high

Fig. 7. Block of rules for variable Y_2

#	IF		THEN	
	X6	X7	DoS	Y3
1	low	low	1.00	low
2	low	medium	1.00	medium
3	low	high	1.00	medium
4	medium	low	1.00	low
5	medium	medium	1.00	medium
6	medium	high	1.00	high
7	high	low	1.00	medium
8	high	medium	1.00	high
9	high	high	1.00	high

Fig. 8. Block of rules for variable Y_3

#	IF			THEN	
	Y1	Y2	Y3	DoS	Y
1	low	low	medium	1.00	low
2	low	low	medium	1.00	low
3	low	low	high	1.00	low
4	low	medium	low	1.00	medium
5	low	medium	medium	1.00	medium
6	low	high	high	1.00	medium
7	low	high	low	1.00	medium
8	low	high	medium	1.00	low
9	medium	low	low	1.00	low
10	medium	low	medium	1.00	low
11	medium	low	high	1.00	medium
12	medium	medium	low	1.00	medium
13	medium	high	medium	1.00	medium
14	medium	high	high	1.00	medium
15	high	high	low	1.00	low
16	high	low	medium	1.00	medium
17	high	low	high	1.00	medium
18	high	medium	low	1.00	high
19	high	high	medium	1.00	high
20	high	low	low	1.00	medium
21	high	low	medium	1.00	high
22	high	low	high	1.00	high
23	high	medium	high	1.00	medium
24	high	high	low	1.00	high
25	high	high	medium	1.00	high
26	high	low	high	1.00	high
27	high	low	high	1.00	high
27	high	low	high	1.00	high
28	high	medium	high	1.00	high
27	high	high	high	1.00	high

Fig. 9. Block of rules for variable Y

Next, we will switch to debug mode to check the functionality of our fuzzy model (Figure 5).

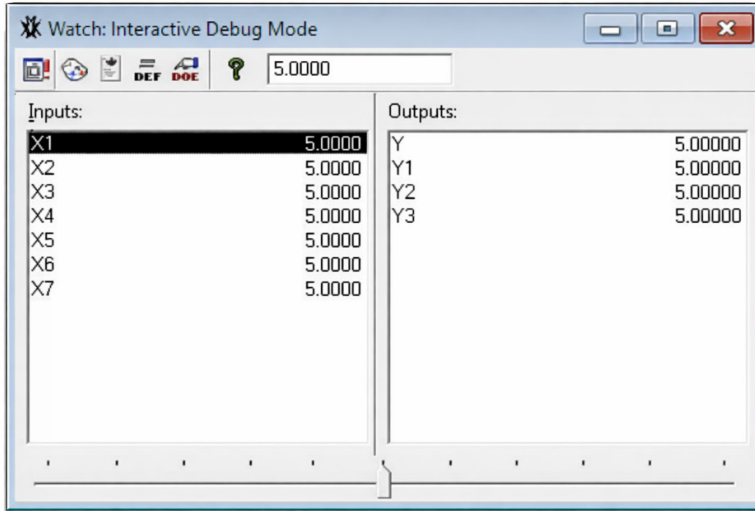


Fig. 10. Interactive debugging window

Next, we'll open all windows in the program's workspace to fully observe the dependencies of all variables. This creates a convenient workspace for configuring and testing the model (Figure 11).

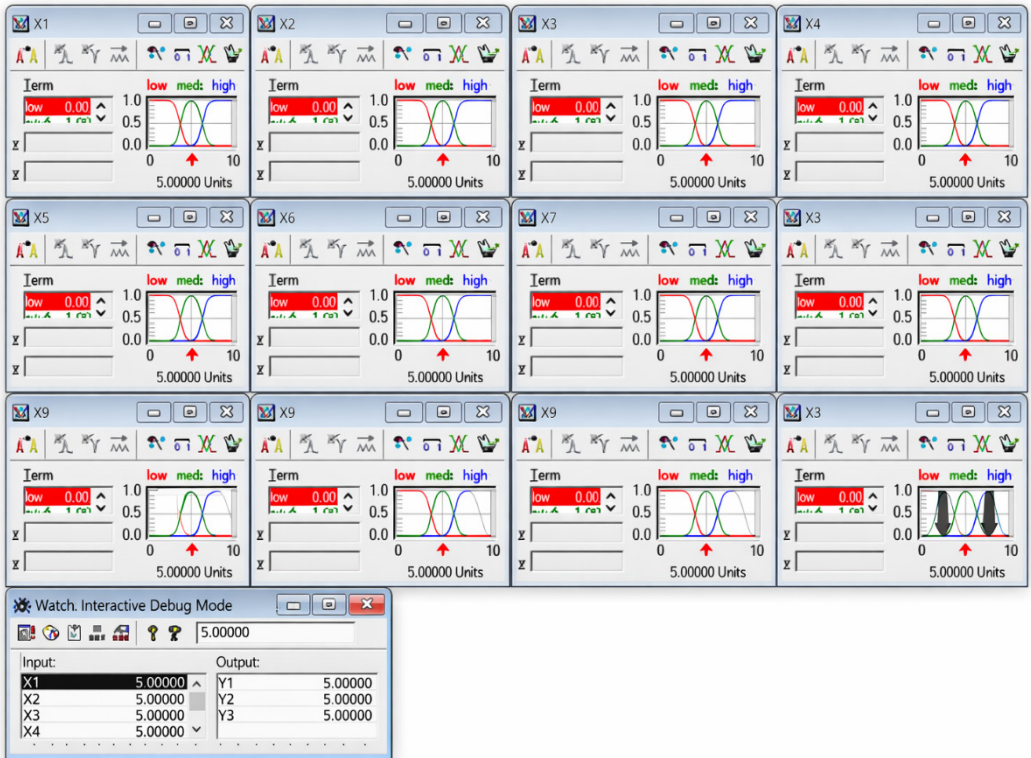


Fig. 11. Fuzzy model in the FuzzyTECH environment

Thus, in this section, a fuzzy model for selecting a platform for robotics was im-



plemented in the FuzzyTECH software environment.

Interpretation and analysis of the obtained results of the model for selecting a platform for robotization of processes in a trade and manufacturing enterprise, we will proceed to its use for fuzzy modeling (Leonenkov, 2024)

We will enter the PIX Robotics platform data based on the data on the official website and the platform presentation, and conduct an assessment of the level of compliance with customer requirements.

– the ability of software robots to interact not only with basic web and desktop applications, but also with external business systems, the availability of tools for building complex processes from various robots (X_1) has a value of 9 out of 10;

– operating systems supported by the platform (multi-system), supported programming languages, supported DBMS (X_2) has a value of 8 out of 10;

– availability of functionality: Optical Character Recognition (OCR), speech synthesis and recognition, the presence of Low - Code and No - Code programming (X_3) has a value of 9 out of 10;

– the presence of protection against unauthorized access, methods of verification and control of changes in accordance with the role model, the ability to manage rights for robots, workstations, users, actions, the presence of an audit of user actions, the presence of a password storage (X_4) has a value of 8 out of 10;

– presence in the Register of domestic software, compliance with Law “On personal data” (X_5) has a value of 10 out of 10;

– availability of technical support, community, training, trial period, demo version of the platform (X_6) has a value of 10 out of 10;

– the number of clients, the number of implemented robots, the presence of awards and prizes from thematic competitions (X_7) has a value of 9 out of 10.

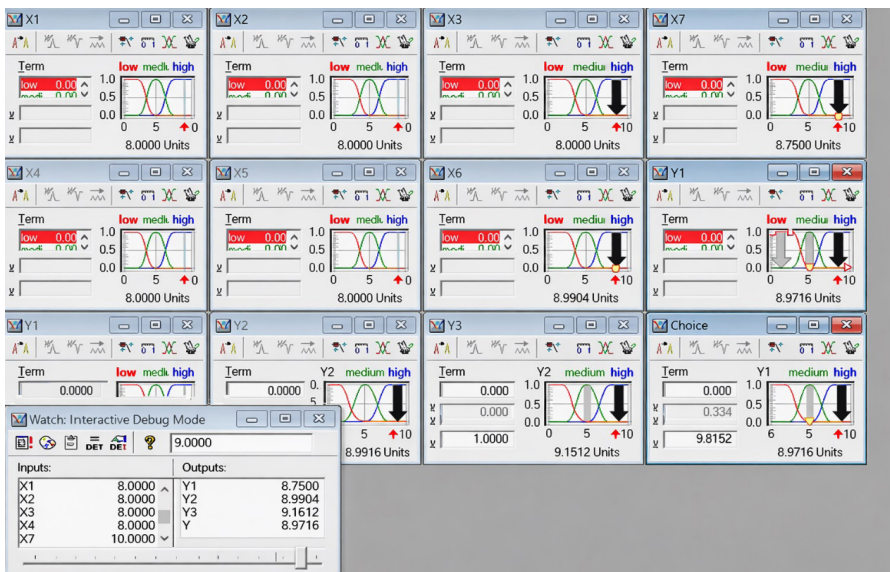


Fig. 12. Fuzzy model in the FuzzyTECH environment
Robotics Platform Customer Compliance Level

After entering all input variables into our model, we obtain the next level of compliance with customer requirements (see Figure 12).

For the PIX Robotics platform, the model produced a score of 8.9716.

Let's repeat the previously completed steps for the remaining robotization platforms.

For the Primo RPA platform:

X_1 has a value of 10 out of 10;

X_2 has a value of 10 out of 10;

X_3 has a value of 9 out of 10;

X_4 has a value of 10 out of 10;

X_5 has a value of 10 out of 10;

X_6 has a value of 10 out of 10;

X_7 has a value of 9 out of 10;

After entering all input variables into our model, we obtain the next level of compliance with customer requirements (see Figure 13).

Robin platform:



Fig. 13. Primo RPA Platform Customer Compliance Level

The model came up with a score of 9.9510.

X_1 has a value of 10 out of 10;

X_2 has a value of 9 out of 10;

X_3 has a value of 10 out of 10;

X_4 has a value of 9 out of 10;

X_5 has a value of 10 out of 10;

X_6 has a value of 9 out of 10;

X_7 has a value of 10 out of 10;



Fig. 14. Robin Platform Customer Compliance Level

After entering all input variables into our model, we obtain the next level of compliance with customer requirements (see Figure 14).

The model came up with a score of 9.9510.

For the Sherpa RPA platform:

- X_1 has a value of 8 out of 10;
- X_2 has a value of 8 out of 10;
- X_3 has a value of 9 out of 10;
- X_4 has a value of 9 out of 10;
- X_5 has a value of 10 out of 10;
- X_6 has a value of 10 out of 10;
- X_7 has a value of 7 out of 10;



Fig. 15. Sherpa RPA Platform Customer Compliance Level

After entering all input variables into our model, we obtain the next level of compliance with customer requirements (see Figure 15).

The model came up with a score of 8.8718.

For the ROOMY bots platform:

X_1 has a value of 7 out of 10;

X_2 has a value of 7 out of 10;

X_3 has a value of 8 out of 10;

X_4 has a value of 8 out of 10;

X_5 has a value of 10 out of 10;

X_6 has a value of 10 out of 10;

X_7 has a value of 8 out of 10;

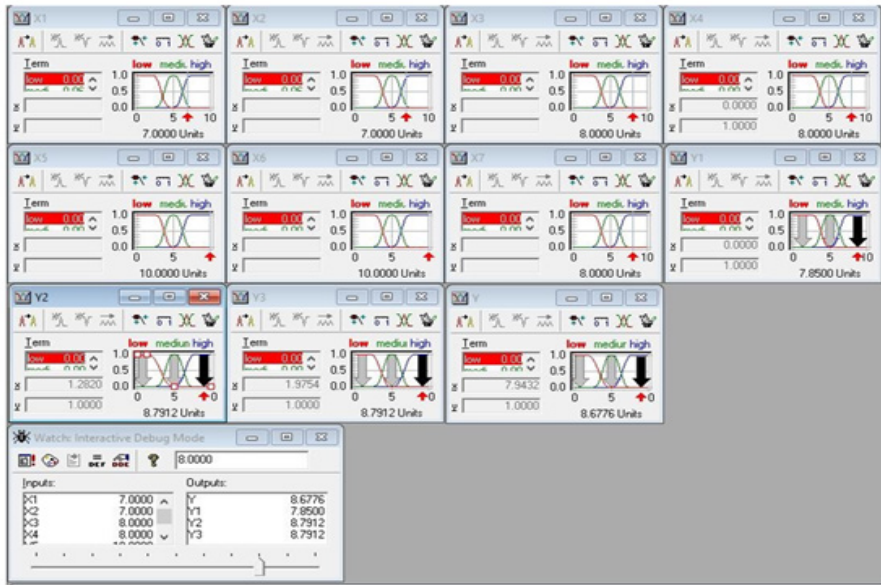


Fig. 16. Level of compliance with customer requirements of the ROOMY bots platform

After entering all input variables into our model, we obtain the next level of compliance with customer requirements (see Figure 12).

The model came up with a score of 8.6776.

As can be seen, the highest level of compliance with the customer's requirements by the model was 9.9510 for the Robin and Primo RPA platforms. The choice of one of the two selected vendors is recommended to be made through a tender.

Thus, fuzzy modeling was carried out when introducing input variables into the developed fuzzy model for selecting a platform for robotizing the processes of a trade and manufacturing enterprise.

Results and discussion

The study is based on the application of modern artificial intelligence and fuzzy modeling techniques aimed at optimizing the process of selecting a platform for robotic process automation in a retail and manufacturing enterprise. The main idea is to use intelligent technologies to create a tool that will enable objective evaluation and comparison of various software solutions, taking into account the uncertainty and heterogeneity of the initial data. By Lotfi was used as the theoretical basis for the study. Zadeh. This

theory allows for the description of complex processes in which quantitative assessment is impossible or difficult, and decisions are based on expert judgment and subjective criteria. Fuzzy modeling allows for the use of not only precise numerical values but also qualitative characteristics, expressed as words such as “low,” “medium,” and “high.” This makes the method particularly suitable for solving management problems involving uncertainty.

The subject of this study is the process of selecting a platform for robotic automation of enterprise business processes. This choice is always associated with a multitude of factors—from functionality and security to licensing costs, technical support, and compatibility with other systems. Traditional evaluation methods often use a strict quantitative scale that fails to capture all the nuances. Therefore, this paper utilizes a fuzzy logic approach, which allows for a more flexible and realistic approach to the problem.

The study analyzed leading robotic automation platforms: PIX Robotics, Primo RPA, Robin, Sherpa RPA, and ROOMY bots. For comparison, key criteria were identified, grouped into three key areas:

1. Functionality, which reflects the platform’s ability to perform a wide range of operations, integrate with other systems, and support modern technologies such as speech recognition, OCR, and Low -Code tools.
2. Security, including data protection measures, access rights management and compliance with personal data laws.
3. Accessibility, which characterizes the availability of technical support, training materials, demo versions, as well as the popularity and recognition of the platform in the market.

Each criterion was assessed on a linguistic scale, with the values “low,” “medium,” and “high” corresponding to a range from 0 to 10. This scale allowed experts to provide a more flexible assessment that reflected their actual perception of the platforms’ quality.

FuzzyTECH software environment, which is designed for creating and visualizing fuzzy inference systems, was used to build the model. This tool was chosen due to its user-friendly interface, support for multi-block structures, and the ability to clearly define membership functions, which is especially important when analyzing complex dependencies between variables (Büyüközkan, et al., 2018).

The model was developed in several stages. First, the main criteria were defined and linguistic variables were formed. Then, for each group of factors (functionality, security, accessibility), fuzzy inference rules were developed, linking the input variables to intermediate indicators. All intermediate assessments were then combined into a final variable reflecting the overall level of platform compliance with enterprise requirements.

Each design stage was accompanied by expert analysis and tuning of membership functions, which improved the accuracy and reliability of the model. Implementation in the FuzzyTECH environment allowed for visual observation of the results generation process and system debugging in an interactive mode.

The result of this stage was the development of an intelligent fuzzy model that enables quantitative and qualitative assessment of the level of compliance of RPA plat-

forms with customer requirements. The model takes into account the subjectivity of human judgment, combines it with formal criteria, and enables a comprehensive comparative analysis of software solutions under conditions of uncertainty.

Thus, the developed methodology combines scientific rigor and practical applicability. It can be used not only for selecting robotic platforms but also for solving similar problems in other areas requiring decision-making based on multi-criteria assessment.

The practical part of the study focused on implementing an intelligent fuzzy model for selecting a platform for robotic process automation and evaluating its effectiveness in management decision-making. The model was built in the FuzzyTECH environment, which allows for the creation of fuzzy inference systems, visualization of relationships between variables, and interactive debugging.

In the first stage, a model structure was developed, comprising three conceptual blocks: functionality, security, and availability. Each represented a set of parameters characterizing various aspects of RPA platform operation. The functionality block included indicators such as the availability of integration tools with external systems, support for modern technologies, and the level of versatility of software solutions. The security block reflected data protection mechanisms, access control, and regulatory compliance. The availability block considered the availability of technical support, documentation, training courses, and open user communities.

Each parameter was assessed by experts on a ten-point scale, ranging from minimum to maximum compliance with customer requirements. This data was entered into the FuzzyTECH system, where each variable was assigned linguistic term values: “low,” “medium,” and “high.” Based on the expert assessments, heuristic rules were formed linking the input and intermediate variables.

After building the model, a series of experiments were conducted evaluating five modern RPA platforms: PIX Robotics, Primo RPA, Robin, Sherpa RPA, and ROOMY bots. Each was analyzed for functionality, reliability, scalability, and ease of implementation in a production environment.

The simulation results showed that the Robin and Primo RPA platforms demonstrated the best alignment with enterprise requirements, receiving equally high overall scores. Both platforms featured extensive integration capabilities with external business systems, low-code development support, and a well-developed technical support system. The PIX Robotics platform placed in the middle, demonstrating strong functionality but inferior accessibility and customization flexibility. The Sherpa RPA and ROOMY bots solutions demonstrated consistent but less pronounced results, primarily due to the limited number of implementations and lower level of automation of supporting processes.

The analysis revealed an important conclusion: the effectiveness of an RPA platform is determined not only by its technological capabilities but also by a combination of organizational factors, such as the availability of support, training resources, and an active professional community. Therefore, the choice of platform should be based on a balance between functionality, security, and ease of implementation.

The results confirmed the validity of the developed model. The FuzzyTECH sys-

tem accurately reflected the relationships between criteria and demonstrated stability when varying the initial parameters. The use of fuzzy modeling mitigated the subjectivity of expert assessments and produced quantifiable results that can be used in management decision-making.

A distinctive feature of the proposed model is its versatility and adaptability. If necessary, it can be supplemented with new criteria—for example, cost efficiency, pay-back period, or compatibility with corporate infrastructure. This makes the model a flexible tool that can be applied in retail, manufacturing, financial, or logistics organizations.

Thus, the study results demonstrated that fuzzy modeling is an effective tool for analyzing and selecting technological solutions under uncertainty. The model, built in the FuzzyTECH environment, demonstrated a high degree of reliability and practical applicability. It can serve as a basis for developing decision support systems for digital transformation of enterprises and business process optimization.

The study examined the theoretical and practical aspects of using artificial intelligence methods to optimize enterprise business decisions. The focus was on developing an intelligent fuzzy model for selecting a platform for robotic process automation in a retail and manufacturing enterprise.

The first part of the paper analyzes the main development trends in artificial intelligence and robotic process automation (RPA) technology. It demonstrates that the implementation of such technologies is an important element of the digital transformation of enterprises and can significantly improve management efficiency, reduce costs, and speed up routine operations (Business Architecture Institute, 2020).

Based on an analysis of existing solutions and scientific approaches, a methodology for constructing a fuzzy model was developed, enabling multi-criteria evaluation of RPA platforms under uncertainty. The use of fuzzy logic allowed for the formalization of expert knowledge and the consideration of subjective factors that are difficult to quantify.

FuzzyTECH software environment, an intelligent model was built, including three main blocks of variables: functionality, security, and availability. Each block combined key platform selection criteria and reflected various aspects of its application. Based on the entered expert data, an assessment was conducted of five modern RPA platforms - PIX Robotics, Primo RPA, Robin, Sherpa RPA, and ROOMY bots (Kumar et al., 2021).

Primo RPA and Robin platforms demonstrated the highest levels of compliance with customer requirements, receiving the highest overall scores. These solutions are characterized by flexibility, extensive integration capabilities, advanced support, and modern automation tools. The remaining platforms showed good, but somewhat more limited, results (Aguirre et.al., (2017).

The developed fuzzy model has proven its effectiveness as a decision support tool. It ensures transparent analysis, allows for the consideration of multiple, diverse factors, and generates objective recommendations for selecting the optimal software solution. Furthermore, the model can be expanded by adding new criteria-economic, technological, and organizational-making it universal and adaptable to various industries.

The main findings of the study can be summarized as follows:

1. The use of artificial intelligence and fuzzy logic methods allows us to effectively solve problems of selecting software solutions under conditions of uncertainty.
2. FuzzyTECH environment ensures visual modeling and high accuracy of computational experiments.
3. The developed model for selecting an RPA platform has proven its practical applicability and can be used to substantiate management decisions during the digitalization of an enterprise.

The practical significance of the work lies in the fact that the proposed methodology can be implemented at enterprises in various industries to assess the quality of the implementation of digital technologies and select optimal solutions for process automation.

Thus, all the stated goals and objectives of the study were achieved, and the results confirmed the effectiveness of using fuzzy methods to support decision-making when selecting platforms for robotic automation of business processes.

Comparison of fuzzy modeling results with classical methods and model sensitivity analysis.

To verify the robustness and validity of the obtained results, the fuzzy modeling results were compared with those obtained using a classical multicriteria evaluation method. Classical decision-making methods in multicriteria choice problems are typically based on the additive aggregation of normalized indicators. Therefore, a classical additive criteria aggregation model was used to compare the results.

Since the developed fuzzy model includes three main criterion groups-functionality (X_1 - X_3), safety (X_4 - X_5), and availability (X_6 - X_7)-the classical evaluation was conducted using a hierarchical scheme. First, partial scores were calculated for each criterion group, after which they were aggregated into a final indicator. The classical evaluation function has the following form:

$$Y_{class} = \frac{1}{3} \left(\frac{X_1 + X_2 + X_3}{3} + \frac{X_4 + X_5}{2} + \frac{X_6 + X_7}{2} \right)$$

where X_1 - X_7 are the evaluation criteria used in the developed model.

Based on the initial data used in the fuzzy modeling, final assessment values were calculated for the five RPA platforms studied. The comparison results are presented in the table 1.

Table 1 – Comparison of results of fuzzy modeling and classical estimation

Platform	The result of the fuzzy model Y	Yclass rating
PIX Robotics	8,9716	9,0556
Primo RPA	9,9510	9,7222
Robin	9,9510	9,5556
Sherpa RPA	8,8718	8,7778
ROOMY bots	8,6776	

The results show that the ranking of alternatives is consistent across both ap-

proaches. In both cases, the Primo RPA and Robin platforms demonstrate the highest level of compliance with enterprise requirements, followed by PIX Robotics, Sherpa RPA, and ROOMY bots. This confirms the validity and robustness of the developed fuzzy model.

At the same time, certain differences are observed in the numerical values of the final assessments. The fuzzy model provides a more pronounced differentiation of alternatives, as it takes into account nonlinear relationships between criteria and expert inference rules. Unlike the classical additive method, which assumes a linear relationship between indicators, fuzzy modeling allows for more flexible consideration of the uncertainty of the initial data and expert knowledge.

a sensitivity analysis of the model was conducted, the purpose of which was to determine the influence of individual input criteria on the final result Y. The analysis was carried out by assessing the change in the final value when varying the input parameters of the model.

The analysis results showed that the X_1 and X_2 criteria, which characterize the platform's functional and integration capabilities, have the greatest impact on the final score. These parameters reflect the ability of software robots to interact with various information systems, support various operating systems, programming languages, and database management systems, which is a key factor when choosing a robotic platform.

The X_7 criterion also has a significant impact, reflecting the platform's market penetration, the number of completed projects, and professional recognition. This indicator indirectly characterizes the reliability and maturity of the technological solution.

Criteria X_3 and X_4 have a moderate impact on the final result. They reflect the presence of advanced functionality (e.g., OCR technologies, speech recognition, and low-code tools) and the level of information security of the system.

Criterion X_6 , related to the availability of technical support, training materials, and a user community, demonstrates relatively low sensitivity within the sample under study. This is explained by the fact that most of the platforms studied already have a high level of user support, which reduces the differences between alternatives.

Finally, the X_5 criterion, which characterizes compliance with regulatory requirements and the presence of a software product in the domestic software registry, has virtually no impact on the differentiation of results in this experiment. This is because this indicator has a uniformly high value for all platforms under consideration.

Based on the sensitivity analysis, the relative degree of influence of the criteria on the final result can be determined:

$$X_2 > X_1 > X_7 > X_4 > X_3 > X_6 > X_5$$

Thus, the comparison with classical methods and sensitivity analysis confirm the stability of the developed fuzzy model and its practical applicability for the tasks of selecting business process robotization platforms under conditions of multi-criteria evaluation and uncertainty of the initial information.

Conclusion.

This study presented the development and implementation of an intelligent fuzzy

model for selecting a robotic process automation (RPA) platform in a retail and manufacturing enterprise. The proposed approach integrates artificial intelligence methods and fuzzy logic to support decision-making under conditions of uncertainty and multi-criteria evaluation. The model was implemented in the FuzzyTECH environment and tested on five modern RPA platforms.

The results demonstrated that the application of fuzzy modeling provides a transparent and quantitatively justified assessment of platform compliance with enterprise requirements. Primo RPA and Robin platforms achieved the highest overall compliance scores, confirming the effectiveness of the developed methodology. The proposed model reduces the subjectivity of expert judgments and enhances the reliability of managerial decisions.

The developed approach has practical value and can be adapted to other industries requiring digital transformation and process automation. Future research may focus on expanding the model by incorporating economic efficiency indicators, implementation costs, and long-term performance metrics to further improve decision support mechanisms.

REFERENCES

- Aguirre S., Rodriguez A. (2017). Automation of a Business Process Using Robotic Process Automation (RPA): A Case Study. *IEEE Latin America Transactions*. IEEE. -Issue 12. — Vol. 15. — Pp. 2332–2339. <https://doi.org/10.1109/TLA.2017.8127507> [In Eng.].
- Büyükoçkan, G., Göçer, F. (2018). Digital Supply Chain: Literature Review and a Proposed Framework for Future Research. *Computers in Industry*. - Elsevier. -Issue 97. — Vol. 97. — Pp. 157-177. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.010> [In Eng.].
- Delen D., Zolbanan H.M. (2018). The Analytics Paradigm in Business Research // *Journal of Business Research*. Elsevier. Issue 90. — Vol. 90. — Pp. 186. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.05.013> [In Eng.].
- Van der Aalst, W.M.P., Bichler, M., Heinzl, A. (2018). Robotic Process Automation. *Business & Information Systems Engineering*. Springer. Issue 4. — Vol. 60. — Pp. 269–272. <https://doi.org/10.1007/s12599-018-0542-4> [In Eng.].
- Kumar, A., Yadav, S., et al. (2021). Decision Support System Based on Fuzzy Logic for Industry Applications. *Applied Soft Computing*. - Elsevier. - Issue 108. — Vol. 108. — Article 107442. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107442> [In Eng.].
- Lacity M., Willcocks L. (2016). Robotic Process Automation at Telefónica O2. *MIS Quarterly Executive*. MISQ. Issue 1. — Vol. 15. — Pp. 21–35. <https://doi.org/10.17705/2msqe.00002> [In Eng.].
- Mamdani, E.H., Assilian, S. (1975). An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller // *International Journal of Man-Machine Studies*. Elsevier. Issue 1. — Vol. 7. — Pp. 1–13. [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(75\)80002-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(75)80002-2) [In Eng.].
- Syed R., Suriadi S., Adams M., Bandara W., et al. (2020). Robotic Process Automation: Contemporary Themes and Challenges. *Computers in Industry*. Elsevier. Issue 115. — Vol. 115. Article 103162. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103162> [In Eng.].
- Zadeh L.A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*. — Publisher: Elsevier. Issue 3. — Vol. 8. — Pp. 338–353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X) [In Eng.].
- Zimmermann H.J. (2001). *Fuzzy Set Theory-and Its Applications*. 4th ed. — New York. - Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-0646-0> [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).