

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



**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION
TECHNOLOGIES**

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

**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ
ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ**

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

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

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

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

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

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

EDITOR-IN-CHIEF:

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

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

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

EDITORIAL BOARD:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

MANAGING EDITOR

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

International Journal of Information and Communication Technologies

Periodicity: 4 times a year.

Languages: Kazakh, Russian, English

DOI prefix: 10.54309

ISSN 2708-2032 (print)

ISSN 2708-2040 (online)

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

Distribution: Materials are distributed under the Creative Commons Attribution 4.0

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

Owner: International Information Technology University JSC (Almaty).

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

РЕДАКЦИЯ

БАС РЕДАКТОР:

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

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

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

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

Разак Абдул — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Лучино Томмазо де Паолис — Саленто Университеті (Италия) инновация және технологиялық инжиниринг департаменті AVR зертханасының зерттеу және әзірлеу бөлімінің директоры

Лиз Бэкон — профессор, Абертей Университеті (Ұлыбритания) вице-канцлерінің орынбасары

Микеле Пагано — PhD, Пиза Университетінің (Италия) профессоры

Өтелбаев Мұхтарбай Өтелбайұлы — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Рысбайұлы Болатбек — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Есептеу және деректер ғылымдары департаментінің профессоры, Astana IT University (Қазақстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Дузаев Нуржан Тоқсуажавич — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті цифрландыру және инновациялар жөніндегі проректор (Қазақстан)

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

Сейлова Нургуль Абадуллаевна — техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік технологиялар және киберқауіпсіздік факультетінің деканы (Қазақстан)

Мухамедиева Ардак Габитовна — экономика ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті бизнес медиа және басқару факультетінің деканы (Қазақстан)

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

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

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

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

Айтмағамбетов Алтай Зуфарович — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті радиотехника, электроника және телекоммуникация кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Бахтиярова Елена Ажибековна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті радиотехника, электроника және телекоммуникация кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Канибек Сансызбай — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Тынымбаев Сахибай — техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік инженерия кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Алмисреб Али Абд — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

Мохамед Ахмед Хамада — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

Янг Им Чу — PhD, Гачон университетінің профессоры (Оңтүстік Корея)

Тадеш Валлас — PhD, Адам Мицкевич атындағы (Польша) университеттің проректоры

Мамырбаев Оркен Жумажанович — PhD, ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті ақпараттық және есептеу технологиялары институты ӨМК директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Қазақстан)

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

Белошницкая Светлана Васильевна — техника ғылымдарының докторы, доцент, Astana IT University есептеу және деректер ғылымы кафедрасының профессоры (Қазақстан)

ЖАУАПТЫ РЕДАКТОР:

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

Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Префикс DOI: 10.54309

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Басылым тілі: қазақ, орыс, ағылшын.

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

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

Тарату: материалдар Creative Commons Attribution 4.0 лицензиясы бойынша таратылады

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

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

РЕДАКЦИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

Микеле Пагано — PhD, профессор Университета Пизы (Италия)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Дамеуш Максустовна Ескендирова — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР:

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

Международный журнал информационных и коммуникационных технологий

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Префикс DOI: 10.54309

Периодичность: 4 выпусков в год.

Язык издания: казахский, русский, английский.

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

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

Распространение: материалы распространяются по лицензии Creative Commons Attribution 4.0

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

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

CONTENTS

DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

D. Abzhanova, A. Biloshchytskyi

A MODEL AND METHOD FOR MANAGING DATA ON EMISSIONS FROM STATIONARY SOURCES OF POLLUTION IN AN INTELLIGENT ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM 11

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

EARLY DETECTION OF HYDROLOGICAL HAZARDS BASED ON SPATIOTEMPORAL ANALYSIS 27

A. Sakhipov, R. Seitbek, D. Yedilkhan

REAL-TIME PASSENGER FLOW PREDICTION USING AUTOMATED DATA PREPARATION 38

K. Tokayev, A. Moldagulova

A REVIEW OF PREDICTIVE MODELS APPROACHES TO STOCK MARKET FORECASTING IN KAZAKHSTAN 60

INFORMATION TECHNOLOGY

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

AI TECHNOLOGIES IN LANGUAGE EDUCATION: PRACTICAL ASPECTS AND CHALLENGES OF STUDENT USAGE 83

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

HYBRID STACKING FRAMEWORK FOR CROP CLASSIFICATION USING UAV DATA 97

A.K. Aitim

JOINT MORPHOLOGICAL DISAMBIGUATION AND POS TAGGING FOR AGGLUTINATIVE LANGUAGES 109

A. Auyezova, Aigerim Aitim, B. Sinchev, W. Wójcik

NP-COMPLETE ALGORITHMS IN LEGALTECH: HYBRID ARCHITECTURE FOR SEMANTIC RETRIEVAL IN KAZAKHSTAN'S LEGAL ACTS 125

Y. Hozak, S. Paliy, T. Honcharenko

EVALUATING OPTIMAL CONFIGURATIONS OF SHALLOW CNNs ON LOW-COMPLEXITY DATASETS 138

S.A. Yesniyazova, S.T. Kaimov

PREDICTIVE MAINTENANCE OF HEAVY-DUTY TRUCKS USING EXPLAINABLE MACHINE LEARNING 153

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

DATA COMPRESSION ALGORITHM BASED ON WAVELET TRANSFORMER; ANALYSIS AND IMPLEMENTATION IN MATLAB 167

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

A MATHEMATICAL AND ALGORITHMIC APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT TEXT-TO-SQL SYSTEM BASED ON LARGE LANGUAGE MODELS 185

M. Kabdullin, A. Kairbekov, A. Kabdullin, L. Naizabayeva, A. Mukhit

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A WEB-BASED PROTOTYPE FOR CARDIOLOGICAL IMAGE MANAGEMENT 206

L. Kurmangazyeva, Sh. Yelezhanova, S. Iskakova, Sh. Kodanova, H.İ. Bülbül

APPROACHES TO BUILDING A HYBRID INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON FUZZY LOGIC, XAI, AND LARGE LANGUAGE MODELS 219

Z. Momynkulov, B. Omarov

DDPG FOR TRAJECTORY GENERATION 236

F. Myrzabekov, N. Mustafin, M. Mukushev

WHY IS THIS NEWS NEGATIVE?: AN ATTENTION-BASED VISUALIZATION TECHNIQUE FOR EXPLAINABLE SENTIMENT ANALYSIS. AN ANALYTICAL SURVEY AND CONCEPTUAL FRAMEWORK 248

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

MACHINE LEARNING FOR COMPREHENSIVE EVALUATION OF CARDIOVASCULAR DISEASE RISK AND BIOCHEMICAL ALTERATIONS: FOCUS ON ASPARTATE AMINOTRANSFERASE 260

L. Naizabayeva, G. Turken, R.A. Druba, A.Sh. Yawar

LEVERAGING ENTERPRISE DATA WAREHOUSING TO IMPROVE WEB-BASED SALES

OPERATIONS	275
S. Nurgaliyeva, N. Naiman, K. Makhmetova, M. Kali, N. Zhakiyev COMPARATIVE ANALYSIS OF MACHINE LEARNING METHODS FOR RAPID DETECTION OF VEGETABLE DISEASE USING COMPUTER VISION	291
O.S. Salykova, V.A. Madin, B.R. Salykov, D.N. Komarov, N.V. Manuilov INTEGRATION OF MEMS ACCELEROMETER SENSOR MODULES IN INDUSTRIAL MONITORING SYSTEMS	309
R. Taberkhan, M.A. Sambetbayeva, G. Kalman KAZCAUSAL: THE FIRST CORPUS-BASED ANNOTATION OF CAUSAL RELATIONSHIPS IN THE KAZAKH LANGUAGE	323
S. Tynymbayev, S.E. Mamanova, R. Berdybayev, Zh.E. Temirbekova, T. Chinibayeva DIVIDING DEVICES WITH PRELIMINARY PREPARATION OF MULTIPLES OF THE DIVISOR	335
K.N. Uteuliyeva, B.Z. Kenzhegulov, T.A. Karazhigitova, H.İ. Bülbül, Z.Zh. Zhanuzakova MATHEMATICAL AND ALGORITHMIC APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF A COLLABORATIVE FILTERING-BASED RECOMMENDER SYSTEM	351
S. Sharmukhanbet, G. Turmukhanova, O. Findik, V. Makhatova, L. Kurmangaziyeva HIGH-PRECISION ROBOTIC ASSEMBLY UNDER VARIABLE ILLUMINATION: A ROBUST MECHATRONIC ARCHITECTURE FOR VISUAL SERVOING	372

INFORMATION SECURITY AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

A. Amirbay, Z. Amanbaikyzy, K. Maxutova, A. Mukhanova, M. Kassim MACHINE LEARNING ALGORITHM FOR EARLY DETECTION OF AUTISM SPECTRUM DISORDERS IN CHILDREN BASED ON MULTIMODAL ANALYSIS OF EYE MOVEMENTS AND FACIAL EXPRESSIONS	390
K. Baisylbayeva, Sh. Mussiraliyeva, Zh. Yeltay DETECTION OF EXTREMIST IDEOLOGY IN THE KAZAKH LANGUAGE: ANNOTATION CHALLENGES AND DEEP LEARNING APPROACHES	405
M.A. Bolatbek, A.M. Usmanova, K.B. Bagitova, G.B. Baispay DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A METHOD FOR ANALYZING NETWORK TRAFFIC TO IDENTIFY A CYBER THREAT	424
D.I. Prokopovych-Tkachenko, N.K. Zhumagaliyeva, D.N. Shchytov, N.F. Mormul, D.A. Cherkaskiy FUZZY MODEL FOR EVALUATING INFORMATION SECURITY PARAMETERS OF INFORMATION SYSTEMS UNDER INCOMPLETE AND QUALITATIVE DATA: CONSTRUCTION METHODOLOGY, RULE BASE TUNING, AND DEMONSTRATION CASE FOR ORGANIZATIONS	442
E.A. Pustovoy, O.A. Pustovaya, A.N. Raushanova, I.S. Zaurbekov EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF SYNTHESIS OF STOCHASTIC MODELS WITH CONTROLLED PROPERTIES	468
Y. Serzhan, T. Umarov, A. Abilbayeva FRAUD DETECTION IN CREDIT CARD TRANSACTIONS USING MACHINE LEARNING: A COMPARATIVE ANALYSIS	484
T. Babenko, Ye. Bakhtiyarova, D. Yeskendiroya, A. Sysoev, Sh. Makilenov FLEXIBLE IDPS BASED ON MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR DIPTYCHS AND IOT EDGE DEVICE PROTECTION	496

МАЗМҰНЫ

ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ДАМУДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Д.Е. Абжанов, А.А. Белоощицкий ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГТІҢ ЗИЯТКЕРЛІК ЖҮЙЕСІНДЕГІ СТАЦИОНАРЛЫҚ ЛАСТАНУ КӨЗ- ДЕРІНІҢ ШЫҒАРЫНДЫЛАРЫ ТУРАЛЫ ДЕРЕКТЕРДІ БАСҚАРУДЫҢ МОДЕЛІ МЕН ӘДІСІ	11
А.Е. Сланбекова, М.Б. Рахимжанова, А.И. Жанибекова, А.З. Алимагамбетова, М. Худойбергенов КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ (SPATIOTEMPORAL) ТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІП- ҚАТЕРДІ ЕРТЕ АНЫҚТАУ	27
А. Сахипов, Р. Сеитбек, Д. Едильхан АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ДЕРЕКТЕРДІ ДАЙЫНДАУДЫ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП, ЖОЛАУШЫЛАР	

АҒЫНЫН НАҚТЫ УАҚЫТ РЕЖИМІНДЕ БОЛЖАУ	38
К. Токаев, А. Молдагулова	
ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ҚОР НАРЫҒЫН БОЛЖАУДЫҢ БОЛЖАМДЫҚ МОДЕЛЬДЕРІНЕ ШОЛУ	60

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Ф.Н. Абдраимова, А.А. Керейбаева, Д.С. Дюсенова, Д.А. Алиева, Т.Ж. Токтарова	
ТІЛ БІЛІМІНДЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ: СТУДЕНТТЕР ҚОЛДАНУЫНЫҢ ПРАКТИКАЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ МЕН МӘСЕЛЕЛЕРІ	83
Г.Т. Азиева, М.Б. Есенова, А.К. Абжаппарова, Г.Б. Абдикеримова, Р. Schmidt	
UAV ДЕРЕКТЕРІ НЕГІЗІНДЕ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ DAҚЫЛДАРЫН ЖІКТЕУГЕ АРНАЛҒАН ГИБРИДТІ СТЕКИНГ МОДЕЛІ	97
Ә.Қ. Әйтiм	
АГГЛЮТИНАТИВТІ ТІЛДЕРГЕ АРНАЛҒАН МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ДИЗАМБИГУАЦИЯ МЕН POS-ТАҢБАЛАУДЫ БІРЛЕСІП МОДЕЛЬДЕУ	109
А. Әуезова, Ә. Әйтiм, Б. Синчев, В. Вуйчик	
ҚАЗАҚСТАННЫҢ ҚҰҚЫҚТЫҚ АКТІЛЕРІНДЕГІ NP-ТОЛЫҚ АЛГОРИТМДЕР: SEMANTIC ІЗДЕУГЕ АРНАЛҒАН ГИБРИДТІ АРХИТЕКТУРА	125
Я. Гозак, С. Паллий, Т. Гончаренко	
КҮРДЕЛІЛІГІ ТӨМЕН ДЕРЕКТЕР ЖИЙНТЫҚТАРЫНДА ТЕРЕҢ ЕМЕС ОРАМДЫ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІЛЕРДІҢ (CNN) ОҢТАЙЛЫ КОНФИГУРАЦИЯЛАРЫН БАҒАЛАУ	138
С.А. Есниязова, С.Т. Каимов	
ТҮСІНДІРІЛЕТІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП АУЫР ЖҮК КӨЛІКТЕРІНЕ БОЛЖАМДЫ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ	153
Т.Д. Иманбеткова, Ж.Б. Ибраева, Г.Т. Джаканова, Г.Т. Асқанбай	
МӨЛІМЕТТЕРДІ ВЕЙВЛЕТ-ТҮРЛЕНДІРГІШТІҢ НЕГІЗІНДЕ ҚЫСУ АЛГОРИТМІ; MATLAB ОРТАСЫНДА ТАЛДАУ ЖӘНЕ ІСКЕ АСЫРУ	167
Б.З. Кенжегулов, Ж.Т. Билялова, К.Н. Утеулиева, Л. Нургалиева, Ш.С. Нуржанова	
ҮЛКЕН ТІЛДІК МОДЕЛЬДЕР НЕГІЗІНДЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ TEXT-TO-SQL ЖҮЙЕСІН ӨЗІРЛЕУДІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ-АЛГОРИТМДІК ТӘСІЛІ	185
М. Кабдуллин, А. Каирбеков, А. Кабдуллин, Л. Найзабаева, А. Мухит	
КАРДИОЛОГИЯЛЫҚ КЕСКІНДЕРДІ БАСҚАРУҒА АРНАЛҒАН ВЕБ-НЕГІЗДЕЛГЕН ПРОТОТИПТІ ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ІСКЕ АСЫРУ	206
Л. Құрмангазиева, Ш. Ележанова, С. Исакова, Ш. Коданова, Х. И. Бұлбұл	
АЙҚЫН ЕМЕС ЛОГИКА, ХАІ ЖӘНЕ ҮЛКЕН ТІЛДІК МОДЕЛЬДЕР НЕГІЗІНДЕ ГИБРИДТІ ЗИЯТКЕРЛІК ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУДЫ ҚОЛДАУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ ТӘСІЛДЕРІ	219
З. Момынкулов, Б. Омаров	
ТРАЕКТОРИЯЛАРДЫ ГЕНЕРАЦИЯЛАУ ҮШІН DDPRG	236
Ф. Мырзабеков, Н. Мустафин, М. Мукушев	
БҰЛ JAҒАЛЫҚ НЕЛІКТЕН ТЕРІС?: ТҮСІНДІРІЛЕТІН СЕНТИМЕНТТІК ТАЛДАУҒА АРНАЛҒАН НАЗАР АУДАРУ МЕХАНИЗМІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ӘДІСІ. ТАЛДАУЛЫҚ ШОЛУ ЖӘНЕ ТҰЖЫРЫМДАМАЛЫҚ НЕГІЗ	248
Н.Ш. Максүтова, Ж.А. Түсүпов, А.Ә. Шекербек, Ж.Е. Кенжебаева, К.О. Рахимов	
ЖҮРЕК-ҚАН ТАМЫРЛАРЫ АУРУЛАРЫНЫҢ ҚАУІП-ҚАТЕРІН ЖӘНЕ БИОХИМИЯЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ КЕШЕНДІ БАҒАЛАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ: АСПАРТАМИНОТРАНСФЕРАЗАҒА ЕРЕКШЕ НАЗАР	260
Л. Найзабаева, Г. Түркен, Р.А. Друба, А.Ш. Явар	
ВЕБ НЕГІЗІНДЕГІ САТУ ОПЕРАЦИЯЛАРЫН ЖЕТІЛДІРУ ҮШІН КӨСПОРЫНДЫҚ ДЕРЕКТЕР ҚОЙМАСЫН ПАЙДАЛАНУ	275
С. Нургалиева, Н. Найман, К. Махметова, М. Кали, Н. Жакиев	
КОМПЬЮТЕРЛІК КӨРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП, КӨКӨНІС DAҚЫЛДАРЫНЫҢ АУРУЛАРЫН ЖЕДЕЛ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ	291
О.С. Салыкова, В.А. Мадин, Б.Р. Салыков, Д.Н. Комаров, Н.В. Манұйлов	
ӨНЕРКӘСІПТІК МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ MEMS-АКСЕЛЕРОМЕТРЛЕРДІҢ СЕНСОРЛЫҚ МОДУЛЬДЕРІН ИНТЕГРАЦИЯЛАУ	309
Р. Таберхан, М.А. Самбетбаева, Г. Қалман	

KAZCAUSAL: ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ СЕБЕП-САЛДАРЛЫҚ ҚАТЫНАСТАРДЫҢ АЛҒАШҚЫ КОРПУСТЫҚ АННОТАЦИЯСЫ	323
С. Тынымбаев, С.Е. Маманова, Р. Бердібаев, Ж.Е. Темірбекова, Т. Чинибаева БӨЛГІШТІҢ ЕСЕЛІ МӨНДЕРІН АЛДЫН АЛА ДАЙЫНДАУМЕН ЖҮЗЕГЕ АСЫРЫЛАТЫН БӨЛУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ	335
К.Н. Утеулиева, Б.З. Кенжегулов, Т.А. Каражигитова, Х. Булбул, З.Ж. Жанузакова КОЛЛАБОРАТИВТІК СҮЗГІЛЕУ НЕГІЗІНДЕГІ ҰСЫНЫМДЫҚ ЖҮЙЕНІ ӨЗІРЛЕУДІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ-АЛГОРИТМДІК ТӘСІЛДЕРІ	351
С. Шармұханбет, Г. Тұрмұханова, О. Финдик, В. Махатова, Л. Курмангазиева АЙНЫМАЛЫ ЖАРЫҚ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ЖОҒАРЫ ДӘЛДІКТІ РОБОТТЫҚ ҚҰРАСТЫРУ: ВИЗУАЛ- ДЫ СЕРВОТЕЖЕУДІҢ ТӨЗІМДІ МЕХАТРОНИКАЛЫҚ АРХИТЕКТУРАСЫ	372

АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН

А. Амирбай, З. Аманбайқызы, К. МаксUTOBA, А. Муханова, М. Kassim КӨЗ ҚОЗҒАЛЫСТАРЫ МЕН БЕТ МИМИКА БЕЛГІЛЕРІН МУЛЬТИМОДАЛЬДЫ ТАЛДАУҒА НЕГІЗ- ДЕЛГЕН БАЛАЛАРДАҒЫ АУТИЗМ СПЕКТРІНІҢ БҰЗЫЛЫСТАРЫН ЕРТЕ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМІ	390
К.Д. Байсылбаева, Ш.Ж. Мусиралиева, Ж. Елтай ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ ЭКСТРЕМИСТІК ИДЕОЛОГИЯНЫ АНЫҚТАУ: АННОТАЦИЯЛАУ МӘСЕЛЕЛЕРІ ЖӘНЕ ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ТӘСІЛДЕРІ	405
М.А. Болатбек, А.М. Усманова, Қ.Б. Багитова, Г.Б. Байспай КИБЕР ҚАУІПТІ АНЫҚТАУ ҮШІН ЖЕЛІЛІК ТРАФИКТІ ТАЛДАУ ӘДІСІН ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ	424
Д.И. Прокопович-Ткаченко, Н.К. Жумагалиева, Д.Н. Щитов, Н.Ф. Мормуль, Д.А. Черкасский ТОЛЫҚ ЕМЕС ЖӘНЕ САПАЛЫҚ ДЕРЕКТЕР ЖАҒДАЙЫНДА АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ АҚПА- РАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ПАРАМЕТРЛЕРІН БАҒАЛАУДЫҢ БҰЛЫҢҒЫР МОДЕЛІ: ҚҰРУ ӘДІСТЕМЕСІ, ЕРЕЖЕЛЕР БАЗАСЫН БАПТАУ ЖӘНЕ ҰЙЫМДАРҒА АРНАЛҒАН ДЕМОНСТРАЦИЯЛЫҚ КЕЙС	442
Е.А. Пустовой, О.А. Пустовая, А.Н. Раушанова, И.С. Заурбеков БАСҚАРЫЛАТЫН ҚАСИЕТТЕРІ БАР СТОХАСТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРДІ СИНТЕЗДЕУДІҢ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ	468
Е. Сержан, Т. Умаров, А. Әбілбаева МАШИНАЛЫҚ ОҚУ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ КРЕДИТ КАРТА ОПЕРАЦИЯЛАРЫНДАҒЫ АЛАЯҚТЫҚТЫ АНЫҚТАУ: САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ	484
Т.В. Бабенко, Е.А. Бахтиярова, Д.М. Ескендинова, А. Сысоев, Ш.Н. Макиленов ДИПТИХ ЖӘНЕ IOT ШЕТКІ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫН ҚОРҒАУҒА АРНАЛҒАН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ИКЕМДІ IDPS	496

СОДЕРЖАНИЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВИТИИ СОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Д.Е. Абжанова, А.А. Белошицкий МОДЕЛЬ И МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ О ВЫБРОСАХ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА	11
А.Е. Сланбекова, М.Б. Рахимжанова, А.И. Жанибекова, А.З. Алимагамбетова, М. Худойбергенов РАННЕЕ ВЫЯВЛЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННОГО (SPATIOTEMPORAL) АНАЛИЗА	27
А. Сахипов, Р. Сеитбек, Д. Едильхан ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАССАЖИРОПОТОКА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВ- ТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ	38
К. Токаев, А. Молдагулова ОБЗОР ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФОНДОВОГО РЫНКА В КАЗАХСТАНЕ	60

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ф.Н. Абдраимова, А.А. Керейбаева, Д.С. Дюсенова, Д.А. Алиева, Т.Ж. Токтарова ТЕХНОЛОГИИ ИИ В ЯЗЫКОВОМ ОБРАЗОВАНИИ: ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТУДЕНТАМИ	83
Г.Т. Азиева, М.Б. Есенова, А.К. Абжаппарова, Г.Б. Абдикеримова, Р. Schmidt ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ СТЕКИНГА ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПО ДАННЫМ UAV	97
Ә.Қ. Әйтiм СОВМЕСТНАЯ МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ДИЗАМБИГУАЦИЯ И POS-РАЗМЕТКА ДЛЯ АГГЛЮТИНАТИВНЫХ ЯЗЫКОВ	109
А. Ауезова, А. Айтим, Б. Синчев, В. Вуйчик NP-ПОЛНЫЕ АЛГОРИТМЫ В LEGALTECH: ГИБРИДНАЯ АРХИТЕКТУРА ДЛЯ СЕМАНТИЧЕСКОГО ПОИСКА В ПРАВОВЫХ АКТАХ КАЗАХСТАНА	125
Я. Гозак, С. Палий, Т. Гончаренко ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ НЕГЛУБОКИХ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ДАТАСЕТАХ НИЗКОЙ СЛОЖНОСТИ	138
С.А. Есниязова, С.Т. Каимов ПРЕДИКТИВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ ГРУЗОВИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИ- ЕМ ОБЪЯСНИМОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	153
Т.Д. Иманбекова, Ж.Б. Ибраева, Г.Т. Джаканова, Г.Т. Асканбай АЛГОРИТМ СЖАТИЯ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ: АНАЛИЗ И РЕАЛИЗА- ЦИЯ В MATLAB	167
Б.З. Кенжегулов, Ж.Т. Билялова, К.Н. Утеулиева, Л. Нургалиева, Ш.С. Нуржанова МАТЕМАТИКО-АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТЕХТ- TO-SQL СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ	185
М. Кабдуллин, А. Каирбеков, А. Кабдуллин, Л. Найзабаева, А. Мухит РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ВЕБ-ПРОТОТИПА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАРДИОЛОГИЧЕСКИМИ ИЗОБРАЖЕНИЯМИ	206
Л. Курмангазиева, Ш. Ележанова, С. Исакова, Ш. Коданова, Х. И. Бюльбюль ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ ГИБРИДНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ, ХАИ И БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ	219
З. Момынкулов, Б. Омаров DDPG ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ТРАЕКТОРИЙ	236
Ф. Мырзабеков, Н. Мустафин, М. Мукушев ПОЧЕМУ ЭТА НОВОСТЬ НЕГАТИВНА?: МЕТОД ВИЗУАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМА ВНИМАНИЯ ДЛЯ ОБЪЯСНИМОГО АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ	248
Н.Ш. МаксUTOва, Д.А. Тусупов, А.А. Шекербек, Ж.Е. Кенжебаева, К.О. Рахимов МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ РИСКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ И БИОХИМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ: АКЦЕНТ НА АСПАРТАМИНОТРАНСФЕРАЗЕ	260
Л. Найзабаева, Г. Туркен, Р.А. Дрyба, А.Ш. Явар ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРПОРАТИВНОГО ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ВЕБ-ОРИЕНТИ- РОВАННЫХ ОПЕРАЦИЙ ПРОДАЖ	275
С. Нургалиева, Н. Найман, К. Махметова, М. Кали, Н. Жакиев СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ БЫСТРОГО ОБНАРУЖЕ- НИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ	291
О.С. Салыкова, В.А. Мадин, Б.Р. Салыков, Д.Н. Комаров, Н.В. Мануйлов ИНТЕГРАЦИЯ СЕНСОРНЫХ МОДУЛЕЙ MEMS-АКСЕЛЕРОМЕТРОВ В СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОГО МОНИТОРИНГА	309
Р. Таберхан, М.А. Самбетбаева, Г. Калман KAZCAUSAL: ПЕРВАЯ КОРПУСНАЯ АННОТАЦИЯ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ	323
С. Тынымбаев, С.Е. Маманова, Р. Бердибаев, Ж.Е.Темирбекова, Т. Чинибаева	

УСТРОЙСТВА ДЕЛЕНИЯ ЧИСЕЛ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКОЙ КРАТНЫХ ДЕЛИТЕЛЮ	335
К.Н. Утеулиева, Б.З. Кенжегулов, Т.А. Каражигитова, Х.Бюльбюль, З.Ж. Жанузакова МАТЕМАТИКО-АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ КОЛЛАБОРАТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ	351
С. Шармуханбет, Г. Турмуханова, О.Финдик, В.Махатова, Л. Курмангазиева ВЫСОКОТОЧНАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ СБОРКА ПРИ ПЕРЕМЕННОЙ ОСВЕЩЁННОСТИ: РОБАСТНАЯ МЕХАТРОННАЯ АРХИТЕКТУРА ВИЗУАЛЬНОГО СЕРВОУПРАВЛЕНИЯ	372

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А. Амирбай, З. Аманбайкызы, К. МаксUTOва, А. Муханова, М. Kassim АЛГОРИТМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ РАССТРОЙСТВ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА У ДЕТЕЙ НА ОСНОВЕ МУЛЬТМОДАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ И МИМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ	390
К.Д. Байсылбаева, Ш.Ж. Мусиралиева, Ж.Елтай ОБНАРУЖЕНИЕ ЭКСТРЕМИСТСКОЙ ИДЕОЛОГИИ НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ: ПРОБЛЕМЫ АННОТИРОВАНИЯ И МЕТОДЫ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ	405
М.А. Болатбек, А.М. Усманова, К.Б. Багитова, Г.Б. Байспай РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА СЕТЕВОГО ТРАФИКА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ КИБЕРУГРОЗЫ	424
Д.И. Прокопович-Ткаченко, Н.К. Жумагалиева, Д.Н. Щитов, Н.Ф. Мормуль, Д.А. Черкасский НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ДАННЫХ: МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ, НАСТРОЙКА БАЗЫ ПРАВИЛ И ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ КЕЙС ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ	442
Е.А. Пустовой, О.А. Пустовая, А.Н. Раушанова, И.С. Заурбеков ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИНТЕЗА СТОХАСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ С УПРАВЛЯЕМЫМИ СВОЙСТВАМИ	468
Е. Сержан, Т. Умаров, А. Абильбаева ВЫЯВЛЕНИЕ МОШЕННИЧЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ОПЕРАЦИЯХ С КРЕДИТНЫМИ КАРТАМИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ	484
Т. Бабенко, Е. Бахтиярова, Д. Ескендинова, А. Сысоев, Ш. Макиленов ГИБКАЯ IDPS НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ЗАЩИТЫ ПЕРИФЕРИЙНЫХ IoT-УСТРОЙСТВ	496

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 7. Is.2. Number 26 (2026). Pp. 219–235

Journal homepage: <https://journal.iitu.edu.kz><https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.014>

YJIK 004.8:004.9

APPROACHES TO BUILDING A HYBRID INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON FUZZY LOGIC, XAI, AND LARGE LANGUAGE MODELS

L. Kurmangaziyeva¹, Sh. Yelezhanova¹, S. Iskakova², Sh. Kodanova^{2*}, H.İ. Bülbül³

¹Kh. Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau, Kazakhstan;

²Safi Utebayev Atyrau Oil and Gas University;

³Gazi University, Ankara, Türkiye.

E-mail: kodanova_s@mail.ru

Lyailya Kurmangaziyeva — Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of “Software Engineering” Kh.Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau, Kazakhstan

<https://orcid.org/00000000306407306>;

Shynar Yelezhanova — Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Professor of the Department of “Software Engineering”, Kh.Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0001-9815-9594>;

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>;

Sandugash Iskakova — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Faculty of Information Technology, Safi Utebayev Atyrau Oil and Gas University, Atyrau, Kazakhstan
<https://orcid.org/0000-0002-6589-854X>;

Halil İbrahim Bülbül — PhD, Professor, Department of Computer and Instructional Technologies, Gazi Eğitim Fakültesi, Gazi University, Ankara
<https://orcid.org/0000-0002-6525-7232>.

© Kurmangaziyeva, Sh. Yelezhanova, S.Iskakova, Sh.Kodanova H.İ. Bülbül

Abstract. The paper presents the software architecture and practical implementation of an intelligent web-based decision support system that integrates fuzzy logic, explainable artificial intelligence (XAI), and a large language model (LLM) within a unified hybrid framework. A key architectural principle is the separation of the computational decision-making layer from the generative layer. The fuzzy controller processes the input indicators, evaluates them using predefined membership functions and expert rules, and produces a



deterministic recommendation. The XAI module then improves transparency by displaying the activated fuzzy rules, membership degrees, and the factors that contributed to the final decision. In contrast, the LLM does not determine the decision itself; instead, it provides context-aware natural-language interpretation, explanatory feedback, and adaptive content based on the computed result. The server side of the system is implemented in Python using the Flask framework, while persistent user and decision data are stored in an SQLite database. Communication with the generative component is organized through an application programming interface. Pilot evaluation demonstrated a high level of agreement with expert judgments, stable system operation, and an end-to-end response cycle suitable for interactive decision support and adaptive web-based applications.

Keywords: intelligent web system, decision support, fuzzy logic, explainable AI, large language models, Flask, SQLite, API, adaptive system

For citation: Kurmangaziyeva L., Yelezhanova Sh., Iskakova S., Kodanova Sh., Bülbül H.İ. (2026). Approaches to building a hybrid intelligent decision support system based on fuzzy logic, XAI, and large language models // International journal of information and communication technologies. Vol. 7. No. 26. Pp. 219–235. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.014>. (In Eng.).

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

АЙҚЫН ЕМЕС ЛОГИКА, ХАІ ЖӘНЕ ҮЛКЕН ТІЛДІК МОДЕЛЬДЕР НЕГІЗІНДЕ ГИБРИДТІ ЗИЯТКЕРЛІК ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУДЫ ҚОЛДАУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ ТӘСІЛДЕРІ

Л. Курмангазиева¹, Ш. Ележанова¹, С. Исакова², Ш. Коданова^{2*}, Х.И. Бүлбүл³

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

²Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті, Атырау, Қазақстан;

³Гази университеті, Анкара, Түркия.

E-mail: kodanova_s@mail.ru

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

<https://orcid.org/0000000306407306>;

Ележанова Шынар — физика-математика ғылымдарының кандидаты, «Бағдарламалық инженерия» кафедрасының профессоры, Х. Досмұхамедов атындағы Атырау университеті, Атырау, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0001-9815-9594>;

Коданова Шынар — техника ғылымдарының кандидаты, Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университетінің Ақпараттық технологиялар факультетінің қауымдастырылған профессоры, Атырау, Қазақстан

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

Искакова Сандуғаш — техника ғылымдарының кандидаты, Сафи Өтебаев атын-

дағы Атырау мұнай және газ университетінің Ақпараттық технологиялар факультетінің қауымдастырылған профессоры, Атырау, Қазақстан
<https://orcid.org/0000-0002-6589-854X>;

Бұлбұл Халил Ибрагим — PhD, Гази білім беру факультеті, Компьютерлік және оқыту технологиялары кафедрасының профессоры, Гази университеті, Анкара
<https://orcid.org/0000-0002-6525-7232>.

© Л. Курмангазиева, Ш. Ележанова, С. Исакова, Ш. Коданова, Х.И. Бұлбұл

Аннотация. Мақалада айқын емес логиканы, түсіндірілетін жасанды интеллектті (ХАІ) және үлкен тілдік модельді (LLM) бірыңғай гибриді архитектура аясында біріктіретін интеллектуалды веб-негізделген шешім қабылдауды қолдау жүйесінің бағдарламалық архитектурасы мен практикалық іске асырылуы ұсынылған. Жүйені құрудың негізгі қағидасы — шешім қабылдаудың есептеу деңгейін генеративті деңгейден бөлу. Айқын емес контроллер алдын ала анықталған тиесілілік функциялары мен сарапшылық ережелер негізінде кіріс көрсеткіштерін өңдеп, детерминирленген ұсыныс қалыптастырады. ХАІ модулі белсендірілген айқын емес ережелерді, тиесілілік дәрежелерін және қорытынды шешімге әсер еткен факторларды көрсету арқылы жүйенің ашықтығын арттырады. Бұл ретте LLM шешім қабылдау процесіне тікелей қатыспайды, керісінше есептелген нәтиже негізінде контекстке тәуелді мәтіндік түсіндірмелерді, дербестендірілген кері байланысты және бейімделген мазмұнды қалыптастыру үшін пайдаланылады. Жүйенің серверлік бөлігі Python бағдарламалау тілінде Flask фреймворкі арқылы іске асырылған, ал пайдаланушы деректері мен қабылданған шешімдердің нәтижелері SQLite дерекқорында сақталады. Генеративті компонентпен өзара әрекеттесу бағдарламалық интерфейсі (API) арқылы ұйымдастырылған. Пилоттық тестілеу жүйе нәтижелерінің сарапшылық бағалаулармен жоғары сәйкестігін, жүйенің тұрақты жұмысын және интерактивті шешім қабылдауды қолдау жүйелері мен бейімделген веб-қосымшалар үшін қолайлы толық өңдеу циклінің уақытын көрсетті.

Түйінді сөздер: зияткерлік веб-жүйе, шешім қабылдауды қолдау, айқын емес логика, ХАІ, LLM, Flask, SQLite, API, бейімделген жүйе

Дәйексөздер үшін: Курмангазиева Л., Ележанова Ш., Исакова С., Коданова Ш., Бұлбұл Х.И. (2026). Айқын емес логика, ХАІ және үлкен тілдік модельдер негізінде гибриді зияткерлік шешім қабылдауды қолдау жүйесін құру тәсілдері // Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы. Т. 7. No. 26. Б. 219-235. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.014>. (Ағыл. тіл.).

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

ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ ГИБРИДНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ, ХАІ И БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

Л. Курмангазиева¹, Ш. Ележанова¹, С. Исакова², Ш. Коданова^{2*}, Х.И. Бюльбюль³

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

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

³Университет Гази, Анкара, Турция.

E-mail: kodanova_s@mail.ru

Курмангазиева Ляйля — кандидат технических наук, профессор кафедры «Программная инженерия» Атырауского университета имени Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан

<https://orcid.org/00000000306407306>;

Ележанова Шынар — кандидат физико-математических наук, профессор кафедры «Программная инженерия» Атырауского университета имени Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0001-9815-9594>;

Коданова Шынар — кандидат технических наук, ассоциированный профессор факультета информационных технологий Атырауского университета нефти и газа имени Сафи Утебаева, Атырау, Казахстан

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

Исакова Сандугаш — кандидат технических наук, ассоциированный профессор факультета информационных технологий Атырауского университета нефти и газа имени Сафи Утебаева, Атырау, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-6589-854X>;

Бюльбюль Халил Ибрагим — PhD, профессор кафедры компьютерных и образовательных технологий педагогического факультета Гази, Университет Гази, Анкара

<https://orcid.org/0000-0002-6525-7232>.

© Л. Курмангазиева, Ш. Ележанова, С. Исакова, Ш. Коданова, Х.И. Бюльбюль

Аннотация. В статье представлена программная архитектура и практическая реализация интеллектуальной веб-системы поддержки принятия решений, объединяющей нечеткую логику, объяснимый искусственный интеллект (ХАИ) и большую языковую модель (LLM) в рамках единой гибридной архитектуры. Ключевым принципом построения системы является разделение вычислительного уровня принятия решений и генеративного уровня. Нечеткий контроллер обрабатывает входные показатели на основе заданных функций принадлежности и экспертных правил и формирует детерминированную рекомендацию. Модуль ХАИ повышает прозрачность системы за счет отображения активированных нечетких правил, степеней принадлежности и факторов, повлиявших на итоговое решение. При этом LLM не участвует непосредственно в принятии решения, а используется для формирования контекстно-зависимых текстовых объяснений, персонализированной обратной связи и адаптивного контента на основе рассчитанного результата. Серверная часть системы реализована на языке Python с использованием фреймворка Flask, а постоянное хранение пользовательских данных

и результатов принятия решений осуществляется в базе данных SQLite. Взаимодействие с генеративным компонентом организовано посредством программного интерфейса API. Пилотное тестирование продемонстрировало высокий уровень соответствия результатов системы экспертным оценкам, стабильность функционирования и приемлемую продолжительность полного цикла обработки запроса для интерактивных систем поддержки принятия решений и адаптивных веб-приложений.

Ключевые слова: интеллектуальная веб-система, информационная система, поддержка принятия решений, нечеткая логика, XAI, LLM, Flask, SQLite, REST API, адаптивная система

Для цитирования: Курмангазиева Л., Ележанова Ш., Исакова С., Коданова Ш., Бюльбюль Х.И. (2026). Подходы к построению гибридной интеллектуальной системы поддержки принятия решений на основе нечеткой логики, XAI и больших языковых моделей // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. Т. 7. No. 26. Стр. 219-235. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.2.014>. (На англ.).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Introduction.

The development of intelligent information systems is accompanied by a shift from hard-coded scenarios to adaptive software environments capable of accounting for input data uncertainty, explaining decisions, and interacting with the user in natural language. This trend is particularly noticeable in educational systems, HR analytics, and digital decision support services, where initial indicators rarely have clear boundaries, and the user needs to understand not only the outcome but also the reasons for its achievement (Chrysafiadi et al., 2023; Susnjak, 2024).

Classical intelligent tutoring systems provide personalization through a user model, adaptation rules, and accumulated results, but their development requires a combination of several technological approaches. Fuzzy systems are convenient for representing expert rules in a form close to natural language and work well with blurred boundaries between levels (Zadeh, 1965; Mamdani et al., 1975). Modern XAI approaches complement the computational model with interpretation mechanisms, which increases trust in algorithmic decisions and allows for the identification of contradictions between rules, input data, and the result (Arrieta et al., 2020; Schwalbe et al., 2024).

The emergence of large language models has significantly expanded the capabilities of the user interface of intelligent systems. LLMs are capable of creating customized explanations, generating new tasks, and adapting text to the user's context. However, transferring the decision-making function itself to a generative model creates risks of non-determinism and insufficient traceability. Therefore, for an applied information system, it is advisable to separate the computational loop from the generative loop: the decision should be generated by a supervised algorithm, and the LLM should be used for the semantic representation and adaptation of the result (Vaswani et al., 2017; Susnjak, 2024).

The aim of the study is to develop and experimentally evaluate an intelligent

web-based decision support system in which fuzzy inference, XAI visualization, user data storage, and a generative LLM module are combined in a single modular software architecture.

To achieve this goal, the following tasks were completed: a component-based web application architecture was developed; a server layer was implemented using Python / Flask ; a model for storing user sessions and results in SQLite was designed; a fuzzy inference module was integrated; an XAI interface was developed ; programmatic exchange with LLM via API was organized ; the information flow from the user request to the delivery of the adapted result was defined; and a pilot test of the performance and consistency of the solutions was conducted.

Materials and methods.

The system uses two basic metrics as input: user performance and task completion time. These parameters were chosen as a minimum set to evaluate not only the correctness of the answer but also the nature of the task completion. In practical scenarios, the set of features can be expanded with additional parameters: number of attempts, error type, sequence of actions, history of previous sessions, or expert characteristics.

Table 1. Functional requirements for an intelligent web system

Component	Main function	Result
Web interface	Entering data and displaying the result	Custom request / response
Fuzzy module	Processing undefined input indicators	Numerical index and level
XAI module	Explanation result	Rules, degrees accessories, explanation
LLM module	Semantic adaptation and generation	Personalized text / task
Base data	Storage profiles and sessions	History, results, parameters
API layer	Connection of internal and external services	Structured exchange data

Architecture intellectual web systems.

The software architecture is designed around the principle of separation of concerns. The user interface is responsible for receiving and visually presenting data; the Flask controller organizes request routing and processing; the fuzzy logic module performs computational decision making; the XAI module generates explainable decision features; the storage layer ensures session persistence; and the external LLM service is used only after a controlled result is obtained. This approach allows for independent modification of individual components and reduces code coupling.

Flask was chosen as the server platform. Its routing and minimal core coupling allow for separate services for the compute module, database, and external API. The official Flask documentation recommends an application factory and modular component registration as a means of scalable project organization (Pallets). Projects (2026). In the system under study, this idea is used to logically separate the view, controller, and data model.

Unlike fully generative systems, the LLM does not have the power to independently determine the user category. The input to the generative module is the already calculated

level, error information, and acceptable content constraints. Thus, the architecture implements the principle of deterministic decision – generative interpretation.

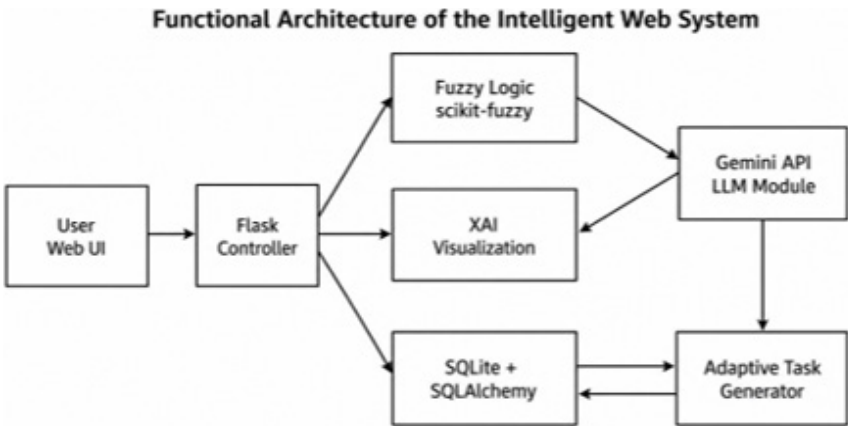


Fig. 1. Functional architecture of an intelligent web system

Table 2. Software technologies and their role

Technology	Purpose
Python	Server logic, computing modules, library integration
Flask	HTTP Routing and Backend Web Applications
scikit-fuzzy	Mamdani’s membership and inference functions
SQLite	Local transactional storage data
SQLAlchemy ORM	Table Access Abstraction and Object Data Model
JavaScript	Dynamic XAI visualization in the client area
Gemini API	Generating explanations and adaptive content
Ngrok	External HTTPS access at the testing stage

The server side is implemented as a set of routes corresponding to user scenarios. A GET request returns the interface and the initial session state; a POST request receives user data; a service handler performs validation and type conversion; then the data is passed to the fuzzy inference module. After the calculation, the result is saved, an XAI structure is generated, and only then is the request initiated to the LLM. This sequence eliminates the possibility that an error in an external generative service could affect the underlying solution.

Request→Validate→Fuzzy(X)→Explain(y*)→Persist→Generate(Context) (1)

At the programmatic level, exchange between components is built through structured objects. Dictionaries/ JSON representations are used for internal interaction, including the session identifier, input parameters, calculated level, activated rules, text interpretation, and generation metadata. When integrating an external model, an API call with explicit instructions and context is used. Modern Gemini The API supports the transmission of structured content and system instructions, which makes it possible to limit the role of the generative module to the scope of the application task (Google AI for



Developers (2026).

Table 3. Logical endpoints of the web application

Route	Method	Function
/	GET	Loading interface
/ evaluate	POST	Receiving indicators and running fuzzy estimation
/ explain	POST	Formation of XAI explanation
/ generate	POST	Adaptive Content Generation through LLM
/ history	GET	Receipt stories custom sessions
/ health	GET	Control availability services

Exception handling is an important requirement. If the external API is unavailable, the user must receive the calculated level and XAI explanation without generative augmentation. If a validation error occurs, the request must not be passed to the computation module. If a database failure occurs, the operation must be completed by rolling back the transaction. This ensures that the failure of a single component does not lead to an incorrect change in the decision-making result.

For testing purposes, a local Flask server was published via a secure HTTPS tunnel. This solution is convenient for exploratory testing of the interface on various devices, but is not intended for production deployment. For production use, the architecture suggests migrating the application to a permanent server with a WSGI / ASGI gateway, centralized logging, and secrets management.

A relational model is used to store user profiles, session parameters, and results. SQLite was chosen due to its ease of deployment and suitability for a pilot test. The ORM layer separates application logic from specific SQL syntax and allows system entities to be represented as program classes. As the load increases, the schema can be migrated to a server DBMS without any additional work. changes logic computing modules.

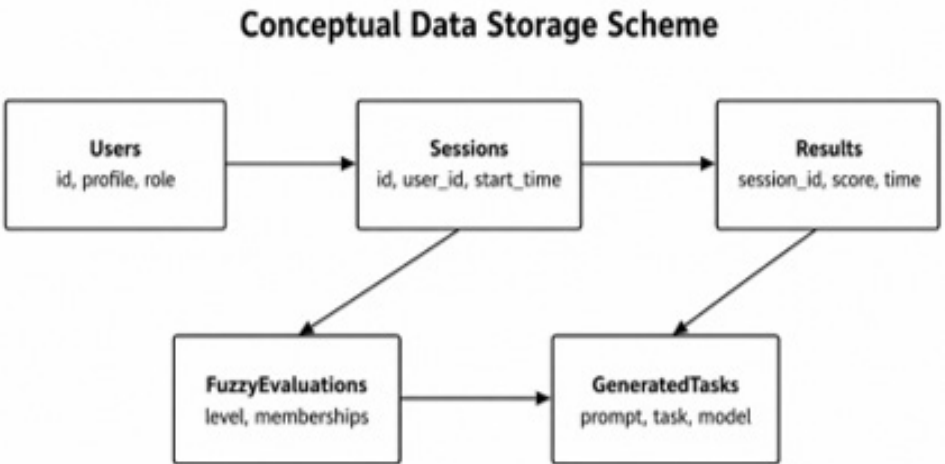


Fig. 2. Conceptual diagram of user and analytical data storage

Table 4. Main entities of the information model

Essence	Key fields	Purpose
Users	ID, profile, role	User identification and profile settings
Sessions	id, user_id, start_time	Connection of actions within one attempt
Results	session_id, score, duration	Factual indicators execution
FuzzyEvaluations	session_id, level, memberships	Fuzzy inference result and XAI data
GeneratedTasks	session_id, prompt, response, model	Story generative interactions

The user-session relationship is implemented as a one-to-many relationship, as a single user can complete multiple attempts. The result and fuzzy evaluation are linked to a specific session. The history of generative tasks is also stored by session ID, ensuring reproducibility of the user scenario and allowing analysis of the data transferred to LLM.

Separating the original results, the calculated estimate, and the generative response is crucial for auditing. If necessary, the solution can be recalculated based on the original values independently of the text generated by the external model. This reduces the risk of logical confusion between actual data and probabilistically generated content.

The fuzzy module functions as the computational core. Unlike the first mathematically oriented formulation, in this paper it is considered a software service that accepts normalized input parameters and returns a structured result. The minimal configuration uses two variables: performance x_1 and time x_2 . Each variable is described by three linguistic terms, and the rule base contains nine combinations.

$$X = (x_1, x_2), x_1 \in [0,100], x_2 \in [0, Tmax]$$

(2)

$$y^* = D (Agg (\{ Rk (\Phi (X)) \})), k = 1,...,9$$

(3)

Membership functions, rules, and defuzzification are implemented using scikit - fuzzy. Programmatically, the module has an interface of the form evaluate (score, time) and returns an object containing the numerical value y^* , the text level, the membership degrees of the inputs, the activated rules, and their trigger strengths. This contract allows the same computational service to be used in both the educational and HR scenarios, varying the configuration of the membership functions and the interpretation dictionary.

Table 5. Example of Fuzzy service result interface

Field	Type	Content
crisp_value	float	Defuzzified index
level	string	Category: Low/Medium/High or Easy/Medium/Hard
memberships	object	Degrees accessories input parameters
rules	array	List activated production rules
rule_strength	array	Forces triggering rules
timestamp	datetime	Time calculation

The computational service contains no interface code and does not depend on an external LLM. This simplifies unit testing: for a given set of inputs, the expected value y , the category, and the set of active rules can be tested. The determinism of such a core is an important property of a decision support system and distinguishes the proposed architecture from solutions where the final recommendation is generated solely by a language model.

Fuzzy rules are also convenient for system maintenance: an expert can change thresholds and rules without retraining the neural network. This also allows for storing configuration separately from the application code and, in the future, implementing an administrative interface for managing the knowledge base.

Explainability in the developed system is implemented at two levels. The first level is mathematically straightforward: the user or expert is shown the membership degrees of the input values and the production rules that influenced the outcome. The second level is semantic: a short text explanation is generated based on the same structured data. This division corresponds to the modern XAI approach, which emphasizes not only the formal attributes of interpretability, but also the suitability of the explanation for a specific user (Barredo Arrieta et al., 2020; Afzaal et al., 2024).

The client-side XAI component receives data from the backend in JSON format. For each input variable, the position of the actual value relative to the membership functions is displayed, followed by a list of activated rules and their contribution. For example, the system might show that the result has high membership in the term «High,» time has partial membership in the terms «Normal» and «Slow,» and the final level is formed by a combination of the two most active rules.

Table 6. Structure of XAI explanation

Element	What is displayed	Purpose
Entrance signs	Points, time, normalized values	Examination original data
Accessories	μ_{Low} , μ_{Medium} , μ_{High} , etc.	Understanding fuzzy classifications
Active rules	IF–THEN rules	Tracking logic conclusion
Strength rules	Numerical degree activation	Grade influences
Result	y^* and text category	Fixation solutions
Text explanation	Brief interpretation	Availability result to the user

A key principle is that the textual explanation should not replace the underlying mathematical tracing. Even if LLM is used to reformulate the explanation in natural language, the interface preserves the numerical membership degrees and the original rules. This ensures verifiability and allows an expert to detect instances where the generative formulation does not fully match the calculation.

It's recommended to use compact diagrams and an expandable «Why did the system make this decision?» block in the application interface. This design reduces information overload: the average user sees a clear explanation, while the expert receives a detailed traceback if needed.

The generative module is called after fuzzy inference is complete. Its task is not to select a level, but to generate content corresponding to the user's computed state. In the

educational scenario, the LLM generates a new task or explanation; in the HR scenario, it generates a structured interpretation of the result and recommendations for the next evaluation stage. This approach reduces the risk that free generation will change the underlying decision.

The request context is generated automatically and includes: the calculated level; a brief XAI explanation; the type of error detected; domain constraints; and response format requirements. The request specifically specifies that the model should not change the calculated level and should operate only within the provided context. This complies with the prompt driven principle engineering, when a generative model is used as a specialized component of an information system rather than as an autonomous source of truth.

Prompt = f(level, error_type, XAI, domain_constraints, output_schema) (4)

The API layer handles network timeouts, service unavailability, and incorrect response formats. If a generation error occurs, the system returns the basic deterministic result to the user and prompts them to repeat the generative part separately. This functional degradation increases the reliability of the web application.

Table 7. Control of the generative module

Mechanism	Implementation	Effect
Fixation solutions	The level is passed as an immutable context	LLM does not define a base category
Limitation subject areas	System instructions and prompt template	Decrease irrelevant answers
Structure answer	JSON requirement / given sections	Simplification processing on the backend
Timeout/fallback	Interception network exceptions	System works without LLM
Logging	Saving prompt and response	Audit and reproducibility

Gemini documentation The API provides for the generation of content with system instructions and structured query parameters (Google AI for Developers, 2026). In the research prototype, this is used to convey level context and errors. In production implementation, the external service could be replaced with a local LLM while maintaining the same internal generative service interface.

The system operates as a sequential pipeline. The user enters or generates initial indicators; the backend checks their ranges; a session is created or updated; the fuzzy module performs the evaluation; the XAI module generates interpretable features; the results are stored in the database; then the context of the generative query is built and the LLM is called. The final answer unites deterministic assessment, explanation and adaptive content.

The algorithm can be represented as the following sequence:

- 1) get score and duration;
- 2) perform range checking;
- 3) save the raw data with the session ID;



- 4) call the Fuzzy service;
- 5) save y^* , memberships and rules;
- 6) generate an XAI explanation;
- 7) prepare a prompt;
- 8) call LLM;
- 9) check the response;
- 10) save the generative result and return the aggregated object to the client.

Main Information Flow of Request Processing

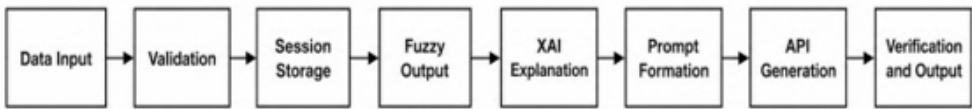


Fig. 3. Information flow for processing a user request

From a software engineering perspective, such a pipeline allows for the separation of synchronous critical operations from potentially slower external generation. When scaling, the LLM call can be moved to a task queue, and the interface can receive the result asynchronously. For the pilot version, the entire cycle was executed sequentially, as the measured latency remained acceptable for interactive mode.

The information flow also supports auditing: each stage leaves data that allows one to reconstruct the decision-making process. This is especially important for systems in which the results can be analyzed by a teacher, HR specialist, or administrator. The presence of initial parameters, rules, and a saved prompt makes it possible to compare versions of the algorithm and the external model.

The pilot testing was carried out as an interactive pilot test of the prototype. The main criteria were the correctness of the entire software pipeline, the consistency of the final recommendations with expert assessments, the suitability of the XAI representation, and the delay from sending input data to receiving a complete response. The system was tested in an educational scenario and using an HR assessment as an example, which allowed us to assess the architecture's transferability across subject areas.

Table 8. Summary indicators pilot testing

Indicator	Result	Interpretation
General agreement with expert assessments	95.4 %	High proximity of the hybrid solution to the expert one
HR scenario	94.0 %	Stable correspondence expert assessment
Educational scenario	91.3 %	Acceptable quality adaptive assessments
Full cycle answer	1.5–2.0 s	Suitable for interactive web work

The obtained values are considered the results of a pilot, not an industrial, verification.

They confirm the functionality of the selected software architecture, but do not replace testing on large samples or load testing. Most importantly for this article, the addition of XAI and the generative layer did not compromise the manageability of the underlying computing solution.

During testing, the web interface was used from various client devices. HTTPS tunnel access allowed for testing display and interaction on smartphones, tablets, and personal computers. This mode is particularly useful during the prototyping stage, as it allows for quick identification of responsive layout issues, network latency, and browser incompatibility.

The functional separation of the modules was also experimentally confirmed. When the generative API was disabled, the ability to calculate the level and display the XAI explanation remained. Therefore, the LLM is an extension component, but not critical to the correctness of the core. This property improves the system’s robustness and facilitates future replacement of the external model.

Table 9. Comparison options architecture

Criterion	Fuzzy only	LLM only	Fuzzy + XAI + LLM
Determinism solutions	High	Low / depends from generation	High
Explainability	Average	Unstable	High
Adaptive text	Limited	High	High
Audit solutions	High	Limited	High
Addiction from external API	No	High	Partial

Results.

Table 10. Experimental performance indicators of the hybrid system

Indicator	The resulting value
Consistency of the hybrid model with expert assessment	95.4%
System consistency with HR experts in a test scenario	94%
Matching adaptive tasks to the learner’s profile	91.3%
Average time for a full request processing cycle	1.5–2.0 s
Reducing the volume of manual feedback	78%

To test the performance of the developed hybrid intelligent system, a series of computational and functional experiments were conducted. The main goals of the testing were to evaluate the correct operation of the fuzzy block, the consistency of the hybrid model’s results with expert decisions, the effectiveness of adaptive task generation, and the processing time of user requests.

The experimental implementation of the system was implemented as a web application. Flask served as the server side, *the scikit-fuzzy* library was used for fuzzy inference, SQLite and SQLAlchemy were used for data storage, and the generative component was implemented via calls to the Gemini API. An XAI module was created

as a separate functional block, designed to visually and meaningfully explain the system's generated solutions.

The developed system ensures sequential processing of information according to the following scheme: input of initial data → validation → saving session parameters → fuzzy inference → XAI interpretation → formation of a prompt → generation of a response via API → verification and issuance of the result.

During the computational experiment, the agreement between the hybrid model's results and expert assessments was assessed. The comparison revealed a 95.4 % agreement rate, demonstrating a high degree of consistency between the system's decisions and expert assessments.

Table 11. Results of the system accuracy and consistency assessment

Criterion assessments	Result
Consistency of the hybrid model with expert assessment	95.4 %
Consistency with experts in the test scenario	94.0 %
Correspondence of generated tasks to the user profile	91.3 %

Particular attention was paid to testing the adaptive mechanism. After determining the user's current state using fuzzy logic, the system generated a set of parameters, which were used to create a structured prompt for the LLM. As a result, the generated tasks varied depending on the user's level, the results obtained, and their previous activity.

In pilot testing, the proportion of tasks matching the user profile defined by the system was 91.3 %. This result demonstrates that the use of intermediate fuzzy evaluation allows for fairly precise control of the content and difficulty level of automatically generated tasks.

Table 12. Evaluation of the adaptive mechanism

Parameter	Meaning
Matching the task to the current user profile	91.3 %
Correctness choice level system	94 %
Decrease necessity manual adjustments	78 %

Using the generative module reduced the amount of manual feedback generation and editing. Experimental use showed a reduction in labor costs for preparing personalized feedback of approximately 78% compared to a completely manual approach.

The execution time of the full request processing cycle was also analyzed. This cycle included input data validation, fuzzy inference, explanation generation, prompt preparation, API access, result retrieval, and subsequent processing.

The average time of a full cycle was 1.5–2.0 s, which allows the developed system to be used in interactive mode.

Additionally, the system's resilience to external API errors was tested. If there is no response or an exception occurs, the request does not terminate the user session. The system returns a controlled *fallback* response, and the current session parameters and intermediate results are saved in the database.

Table 13. Request processing time characteristics

Stage	Characteristic
Validation input data	is being carried out locally
Fuzzy conclusion	is being carried out locally
Formation of XAI interpretation	is being carried out locally
Preparation prompt	is being carried out automatically
Accessing the Gemini API	basic external temporal factor
Full cycle processing	1.5–2.0 s

The data storage structure includes the Users, Sessions, Results, FuzzyEvaluations and GeneratedTasks tables, which ensures the storage of the history of user interaction with the system, the results of fuzzy evaluation, generated tasks and the parameters of individual sessions.

Thus, the experimental results confirm the viability of the proposed architecture. The system ensures a high level of consistency with expert decisions, adaptation of generated content to the user profile, acceptable response times, and a reduction in manual effort.

Discussion.

The obtained results demonstrate that combining fuzzy logic, explainable artificial intelligence, and a large language model enables the creation of a flexible, adaptive system capable of taking into account individual user characteristics and operating under uncertainty. Unlike rigid, deterministic rules, fuzzy inference allows for a more accurate interpretation of intermediate states and the formation of final assessments without sharply dividing users into fixed categories.

The high consistency of the system’s results with expert assessments confirms the validity of the chosen approach. A 95.4 % score indicates that the hybrid model’s decisions in most test scenarios are consistent with expert opinion. However, the system does not completely replace human experts, but rather serves as a decision support tool, particularly in situations where the initial data is ambiguous.

The resulting 91.3 % compliance rate between adaptive tasks and the user profile demonstrates that fuzzy assessment results can be effectively used to guide the generation of educational content. This is a significant advantage over traditional systems, which select tasks only from a pre-defined pool. In the developed system, task content is generated dynamically based on the results of the current session.

A separate advantage is the use of the XAI component. It allows for explanation of which parameters and membership function values influenced the system’s final solution. This increases the transparency of the intelligent module’s operation and makes the results more understandable for both the user and the instructor.

The practical effectiveness of the system is confirmed by a reduction in the volume of manual feedback by approximately 78 %. Automated generation of assignments and recommendations reduces the instructor’s workload and allows them to focus on complex or non-standard cases. However, completely eliminating expert review is impractical, as

the quality of the generated LLM content may depend on the context and structure of the prompt.

The average request processing time of 1.5–2.0 seconds allows for interactive use of the developed system. Latency is primarily driven by calls to the external API, while validation, fuzzy inference, and XAI interpretation generation are performed locally.

One of the limitations of the proposed architecture is its dependence on an external language model and API availability. To improve resilience, a fallback response mechanism is provided, ensuring that an external service failure does not lead to a complete system shutdown. Furthermore, the results of intermediate calculations and session parameters are stored in the database.

In the future, it would be advisable to expand the experimental sample, conduct testing with a larger number of users, and compare the results of different language models. Also promising is improving the membership functions, the fuzzy rule base, and XAI interpretation methods.

Thus, the proposed approach demonstrates the practical feasibility of combining fuzzy logic, XAI, and generative models to build adaptive intelligent web systems. The results confirm the architecture's potential in terms of accuracy, interpretability, performance, and the ability to generate personalized content.

Conclusion.

This paper develops an intelligent web-based decision support system that integrates fuzzy logic, XAI, and a large language model into a single software architecture. Unlike purely generative solutions, the proposed approach separates computation and generation: the base solution is generated by a deterministic Fuzzy module, XAI provides mathematical and visual traceability, and LLM performs semantic adaptation and generates subsequent content.

The software implementation is built in Python and Flask, and the storage layer is built on SQLite with object-relational mapping. Component separation allows for independent maintenance of the user interface, computational core, XAI visualization, database, and external generative service. The information flow is organized so that LLM failure does not affect the correctness of the main assessment: the user retains access to the calculated level and its explanation.

The pilot validation confirmed the system's functionality in two subject-matter scenarios. Overall agreement between the hybrid system and expert assessments was 95.4 %; in the HR scenario, it was 94 %; and in the education scenario, it was 91.3 %. The full response cycle was in the range of 1.5–2.0 seconds, allowing the prototype to be used in interactive web mode. These results should be considered a validation of the architecture, not a definitive assessment of the industrial solution's performance.

The scientific and practical significance of this work lies in the proposed framework for integrating symbolic and generative artificial intelligence at the information system level. Fuzzy logic ensures controlled decision making under uncertain inputs; XAI makes the decision mechanism auditable; and LLM extends the interface through natural language generation. Thus, the generative model is used as an interpretation and personalization

service, while maintaining the mathematical traceability of the underlying solution.

Future research opportunities include load testing, automatic calibration of membership functions, rule base versioning, migration to a server-side DBMS, containerization, asynchronous LLM invocation, the use of local language models, and advanced quality assurance of generated content. A separate area of focus is the development of an administrative interface for rule management and decision explainability monitoring.

REFERENCES

- Arrieta B. A., Díaz-Rodríguez, N., Del Ser, J., Bennetot, A., Tabik, S., Barbado, A., García, S., Gil-López, S., Molina, D., Benjamins, R., Chatila, R., & Herrera, F. (2020). Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. *Information Fusion*. — Vol. 58. — Pp. 82–115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.12.012>. [in Eng.].
- Afzaal M., Zia A., Nouri J. & Fors U. (2024). Informative feedback and explainable AI-based recommendations to support students' self-regulation // *Technology, Knowledge and Learning*. — Vol. 29. — Pp. 331–354. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10758-023-09650-0>. [in Eng.].
- Chrysafiadi, K., Virvou, M., Tsihrintzis, G.A. & Alexandris, G. (2023). Evaluating the user's experience, adaptivity and learning outcomes of a fuzzy-based intelligent tutoring system for computer programming for academic students in Greece. *Education and Information Technologies*. — Vol. 28. — Pp. 6453–6483. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11444-3>. [in Eng.].
- Google AI for Developers. (2026). Gemini API: Generating content and API documentation. <https://ai.google.dev/api/generate-content>. [in Eng.]
- Grinberg, M. (2018). *Flask Web Development: Developing Web Applications with Python*. 2nd ed. O'Reilly Media. [in Eng.].
- Hovert S. & Berens F. (2024). Developing a digital tutor as an intermediary between students, teaching assistants, and lecturers // *Educational Technology Research and Development*. — Vol. 72. — Pp. 797–818. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10293-2>. [in Eng.].
- Kouam F., A.W. (2024). The effectiveness of intelligent tutoring systems in supporting students with varying levels of programming experience. *Discover Education*. — Vol. 3. — Pp. 278. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00385-3>. [in Eng.].
- Lundberg, S.M. & Lee S.-I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*. — Vol. 30. — Pp. 4765–4774. [in Eng.].
- Mamdani, E. H., & Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International Journal of Man-Machine Studies*. — Vol. 7. — No. 1. Pp. 1–13. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(75\)80002-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(75)80002-2). [in Eng.].
- Pallets Projects. (2026). *Flask Documentation*, version 3.1.x. <https://flask.palletsprojects.com/>. [in Eng.].
- Ribeiro, M.T., Singh, S. & Guestrin C. (2016). Why should I trust you? Explaining the predictions of any classifier. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. Pp. 1135–1144. DOI: <https://doi.org/10.1145/2939672.2939778>. [in Eng.].
- Susnjak T. (2024). Beyond predictive learning analytics modelling and onto explainable artificial intelligence with prescriptive analytics and ChatGPT // *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. — Vol. 34. — Pp. 452–482. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40593-023-00336-3>. [in Eng.].
- Schwalbe G. & Finzel B. (2024). A comprehensive taxonomy for explainable artificial intelligence: a systematic survey of surveys on methods and concepts. *Data Mining and Knowledge Discovery*. — Vol. 38. — Pp. 3043–3101. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10618-022-00867-8>. [in Eng.].
- SQLite Consortium. (2026). *SQLite Documentation*. <https://www.sqlite.org/docs.html>. [in Eng.].
- SciPy Community. (2026). *scikit-fuzzy Documentation*. <https://pythonhosted.org/scikit-fuzzy/>. [in Eng.].
- SQLAlchemy Authors. (2026). *SQLAlchemy Documentation*. <https://docs.sqlalchemy.org/>. [in Eng.].
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems*. — Vol. 30. — Pp. 5998–6008. [in Eng.].
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*. — Vol. 8. — No. 3. Pp. 338–353. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X). [in Eng.].

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ
ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Собственник:

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

Главный редактор:

Колесникова Катерина Викторовна

Ответственный редактор:

Мрзабаева Раушан Жалиевна

Компьютерная верстка:

Калабай Замзагуль Ертугановна

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

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Подписано в печать 30.06.2026.

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