

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)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

MANAGING EDITOR

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

International Journal of Information and Communication Technologies

Periodicity: 4 times a year.

Languages: Kazakh, Russian, English

DOI prefix: 10.54309

ISSN 2708-2032 (print)

ISSN 2708-2040 (online)

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

Distribution: Materials are distributed under the Creative Commons Attribution 4.0

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

Owner: International Information Technology University JSC (Almaty).

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

РЕДАКЦИЯ

БАС РЕДАКТОР:

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

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

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

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

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

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

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

Микеле Пагано — PhD, Пиза Университетінің (Италия) профессоры

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Мамырбаев Оркен Жұмажанович — 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)

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

ЖАУАПТЫ РЕДАКТОР:

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

Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Префикс DOI: 10.54309

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Басылым тілі: қазақ, орыс, ағылшын.

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

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

Тарату: материалдар Creative Commons Attribution 4.0 лицензиясы бойынша таратылады

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

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

РЕДАКЦИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

Микеле Пагано — PhD, профессор Университета Пизы (Италия)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Айтмаганбетов 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. Kurmangaziyeve 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 АҚТІЛЕРІНДЕГІ 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. Жумағалиева, 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. Искакова, 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. Друба, 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. 248–259

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

<https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.016>

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

F. Myrzabekov*, N. Mustafin, M. Mukushev

Astana IT University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: fmyrzabekov@gmail.com

Farkhat Myrzabekov — PhD, Senior Lecturer, Astana IT University, Astana, Kazakhstan
<https://orcid.org/0009-0004-9866-1495>;

Nurzhan Mustafin — Astana IT University, Astana, Kazakhstan
<https://orcid.org/0009-0002-0454-0322>;

Medet Mukushev — PhD, Assistant professor, Astana IT University, Astana, Kazakhstan
<https://orcid.org/0000-0002-3655-992>.

© F. Myrzabekov, N. Mustafin, M. Mukushev

Abstract. The proliferation of Transformer-based architectures has marked a new epoch in Natural Language Processing, with sentiment analysis systems achieving unprecedented accuracy. This performance, however, is coupled with a profound lack of transparency, rendering these models as opaque «black boxes.» This interpretability deficit is a significant barrier to their deployment in high-stakes domains like financial analysis and public policy, where the justification for a decision is as critical as the decision itself. This paper conducts a comprehensive survey of this problem and proffers a conceptual framework for an explainable sentiment analysis system. We propose leveraging the Transformer’s intrinsic self-attention mechanism to generate salient visualizations that elucidate the textual evidence driving a model’s classification. The paper examines the theoretical underpinnings of this method, engages with the pivotal «Attention is not Explanation» debate, and charts a course for future research. We present the architecture of a system engineered not merely to classify sentiment but to furnish a transparent rationale for its predictions, thereby fostering greater trust and accountability in advanced AI systems.

Keywords: Explainable AI (XAI), Sentiment Analysis, Natural Language Processing (NLP), Attention Mechanism, Transformers, Data Visualization, Model Interpretability

For citation: Myrzabekov F., Mustafin N., Mukushev M. (2026). Why is this news negative?: an attention-based visualization technique for explainable sentiment analysis. An analytical survey and conceptual framework // International journal of information



and communication technologies. Vol. 7. No. 26. Pp. 248–259. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.016>. (In Eng.).

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

«БҮЛ ЖАҢАЛЫҚ НЕЛІКТЕН ТЕРІС?»: ТҮСІНДІРІЛЕТІН СЕНТИМЕНТ- ТІК ТАЛДАУҒА АРНАЛҒАН НАЗАР АУДАРУ МЕХАНИЗМІНЕ НЕГІЗДЕЛ- ГЕН ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ӘДІСІ. ТАЛДАУЛЫҚ ШОЛУ ЖӘНЕ ТҰЖЫРЫМДАМАЛЫҚ НЕГІЗ

Ф. Мырзабеков, Н. Мустафин, М. Мукушев*

Astana IT University, Астана, Қазақстан.

E-mail: fmyrzabekov@gmail.com

Мырзабеков Фархат — PhD докторы, сеньор-лектор, Astana IT University, Астана, Қазақстан

<https://orcid.org/0009-0004-9866-1495>;

Мустафин Нуржан — Astana IT University, Астана, Қазақстан

<https://orcid.org/0009-0002-0454-0322>;

Мукушев Медет — PhD, ассистент-профессор, Astana IT University, Астана, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-3655-992>.

© Ф. Мырзабеков, Н. Мустафин, М. Мукушев

Аннотация. Трансформерлерге негізделген архитектуралардың кеңінен таралуы табиғи тілді өңдеу саласында жаңа дәуірдің басталуына ықпал етті, бұл ретте сентименттік талдау жүйелері бұрын-соңды болмаған жоғары дәлдікке қол жеткізді. Алайда мұндай жоғары өнімділік модельдердің ашықтығының елеулі деңгейде болмауымен қатар жүреді, соның нәтижесінде олар іс жүзінде түсіндірмесі қиын «қара жәшік» модельдеріне айналады. Интерпретацияланудың жеткіліксіздігі бұл модельдерді қаржылық талдау және мемлекеттік саясат сияқты шешімдердің негіздемесі шешімнің өзімен бірдей маңызды болып табылатын жоғары жауапкершілікті салаларда қолдануға елеулі кедергі келтіреді. Бұл мақалада аталған мәселенің жан-жақты талдауы жүргізіліп, түсіндірілетін сентименттік талдау жүйесінің тұжырымдамалық негізі ұсынылады. Біз модельдің жіктеу шешіміне әсер ететін мәтіндік белгілерді айқындайтын акпараттық визуализацияларды қалыптастыру үшін трансформердің ішкі өзіндік назар аудару (self-attention) механизмін пайдалануды ұсынамыз. Мақалада осы әдістің теориялық негіздері қарастырылып, «Attention is not Explanation» («Назар аудару механизмі түсіндірме болып табылмайды») атты маңызды ғылыми пікірталас талданады, сондай-ақ болашақ зерттеулердің перспективалы бағыттары айқындалады. Мәтіннің сентименттік сипатын жіктеп қана қоймай, сонымен қатар өз болжамдарына қатысты ашық әрі түсінікті негіздеме ұсынуға бағытталған жүй-

енің архитектурасы берілген. Бұл тәсіл заманауи жасанды интеллект жүйелеріне деген сенімділікті және олардың есептілігі деңгейін арттыруға ықпал етеді.

Түйінді сөздер: түсіндірілетін жасанды интеллект (ХАІ), сентименттік талдау, табиғи тілді өңдеу (NLP), назар аудару механизмі, трансформерлер, деректерді визуализациялау, модельдің интерпретациялануы

Дәйексөздер үшін: Мырзабеков Ф., Мустафин Н., Мукушев М. (2026). Бұл жаңалық неліктен теріс?: түсіндірілетін сентименттік талдауға арналған назар аудару механизміне негізделген визуализация әдісі. Талдаулық шолу және тұжырымдамалық негіз // Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы. Т. 7. No. 26. Б. 248–259. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.016>. (Ағыл. тіл.).

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

ПОЧЕМУ ЭТА НОВОСТЬ НЕГАТИВНА?: МЕТОД ВИЗУАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМА ВНИМАНИЯ ДЛЯ ОБЪЯСНИМОГО АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ

Ф. Мырзабеков, Н. Мустафин, М. Мукушев*

Astana IT University, Астана, Казахстан.

E-mail: fmyrzabekov@gmail.com

Мырзабеков Фархат — доктор PhD, сеньор-лектор, Astana IT University, Астана, Казахстан

<https://orcid.org/0009-0004-9866-1495>;

Мустафин Нуржан — Astana IT University, Астана, Казахстан

<https://orcid.org/0009-0002-0454-0322>;

Мукушев Медет — PhD, ассистент-профессор, Astana IT University, Астана, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-3655-992>.

© Ф. Мырзабеков, Н. Мустафин, М. Мукушев

Аннотация. Распространение архитектур на основе трансформеров ознаменовало новую эпоху в области обработки естественного языка, в которой системы анализа тональности достигли беспрецедентно высокой точности. Однако такая производительность сопровождается существенным недостатком прозрачности, вследствие чего данные модели фактически представляют собой непрозрачные «черные ящики». Этот дефицит интерпретируемости является существенным препятствием для применения подобных моделей в критически важных областях, таких как финансовый анализ и государственная политика, где обоснование принятого решения имеет такое же важное значение, как и само решение. В настоящей статье проводится всесторонний обзор данной проблемы и предлагается концептуальная модель системы

объяснимого анализа тональности. Мы предлагаем использовать внутренний механизм самообслуживания внимания (self-attention) трансформера для формирования информативных визуализаций, позволяющих выявить текстовые признаки, определяющие классификацию, выполненную моделью. В статье рассматриваются теоретические основы данного подхода, анализируется ключевая дискуссия «Attention is not Explanation» («Механизм внимания не является объяснением»), а также определяются перспективные направления дальнейших исследований. Представлена архитектура системы, разработанной не только для классификации тональности текста, но и для предоставления прозрачного обоснования своих прогнозов, что способствует повышению доверия к современным системам искусственного интеллекта и уровня их подотчетности.

Ключевые слова: объяснимый искусственный интеллект (XAI), анализ тональности, обработка естественного языка (NLP), механизм внимания, трансформеры, визуализация данных, интерпретируемость модели

Для цитирования: Мырзабеков Ф., Мустафин Н., Мукушев М. (2026). Почему эта новость негативна?: метод визуализации на основе механизма внимания для объяснимого анализа тональности. Аналитический обзор и концептуальная модель // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. Т. 7. No. 26. Стр. 248–259. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.016>. (На англ.).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Introduction.

The contemporary digital landscape is characterized by an unprecedented deluge of unstructured text from news media, social platforms, and other digital fora. Automated sentiment analysis has evolved into a cornerstone technology within Natural Language Processing (NLP) (Pang et al., 2008), with applications influencing financial trading, public health responses, and corporate strategy.

The evolution of sentiment analysis models has been swift, progressing from lexicon-based systems to the current state-of-the-art: large-scale, pre-trained Transformer architectures such as BERT (Devlin et al., 2019). These models have consistently shattered performance benchmarks by learning deep, contextual representations of language. Yet, this success has engendered a critical challenge: the profound opacity of their decision-making processes. The millions of parameters within these networks form a complex system whose internal logic is largely inscrutable to human observers. This «black box» problem creates a crisis of trust and accountability, as a model's prediction is often useless without understanding the reasoning behind it.

This demand for transparency has catalyzed the emergence of Explainable AI (XAI) as a vital sub-discipline (Gunning, 2017). The core mandate of XAI is to develop systems that can provide clear and understandable justifications for their outputs. This paper addresses this imperative by proposing a conceptual framework for an explainable sentiment analysis system. Our central thesis is that the self-attention mechanism, an integral component of the Transformer architecture (Vaswani et al., 2017), can be

repurposed as an effective tool for explanation. We argue that attention weights can be systematically extracted, aggregated, and visualized to illuminate the textual fragments that most influenced a sentiment classification.

The primary contribution of this work is to provide a holistic and critical treatment of this attentionbased explanation approach. We conduct a synthesis of the literature, present a detailed conceptual architecture, and perform a rigorous analysis of the method's limitations and ethical considerations. Our goal is to provide a robust conceptual foundation for developing NLP systems that are not only accurate but also transparent and accountable.

Materials and methods.

Literature review: Foundations and related work

Our framework is situated at the confluence of sentiment analysis, Transformer architectures, and XAI for NLP.

The methodological trajectory of sentiment analysis

The progression of sentiment analysis reflects a search for more context-aware language representations. Early systems were rule-based, using lexicons with pre-assigned polarity scores (Turney, 2002). These were superseded by classical machine learning (e.g., SVMs) on Bag-of-Words (BoW) features (Pang et al., 2002), which lacked syntactic understanding.

A major leap came with deep learning, specifically word embeddings (e.g., Word2Vec (Mikolov et al., 2013)) and Recurrent Neural Networks (RNNs) like LSTMs (Hochreiter et al., 1997), which could capture sequential context. However, their sequential nature posed computational bottlenecks. The Transformer architecture (Vaswani et al., 2017) resolved these issues with its parallel processing capability and the self-attention mechanism, enabling the paradigm of large-scale pre-training and task-specific fine-tuning seen in models like BERT (Devlin et al., 2019).

The self-attention mechanism allows a model to weigh the importance of all other tokens in a sequence when encoding a particular token. For an input sequence of token embeddings X , it computes Query (Q), Key (K), and Value (V) matrices by multiplying X with learned weight matrices. The attention output is then calculated as:

$$Attention(Q, K, V) = softmax\left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}}\right)V \quad (1)$$

where d_k is the dimensionality of the key vectors. This operation, illustrated in Figure 1, is performed in parallel across multiple «attention heads,» allowing the model to capture diverse syntactic and semantic relationships. The complexity arising from these interactions motivates the search for model-specific explanation techniques.

XAI methodologies can be broadly categorized as model-agnostic or model-specific. Model-agnostic methods like LIME (Ribeiro et al., 2016) and SHAP (Lundberg et al., 2017) offer flexibility but often incur significant computational costs. Attention-based explanation, being model-specific, is computationally efficient.

However, its validity rests on the assumption that attention weights are a faithful proxy for feature importance. This was challenged by Jain and Wallace (Jain et al., 2019), who argued that «Attention is not Explanation.» A counterargument was presented by Wiegreffe and Pinter (Wiegreffe et al., 2019), who contended that with proper controls, «Attention is not *not* Explanation.» More recent work continues to explore this debate, investigating the faithfulness of saliency-based methods for Large Language Models (Sood et al., 2023) and surveying the broader challenges in NLP interpretability (Alqaraawi et al., 2024). Our work is positioned within this dialogue, advocating for the pragmatic utility of attention as an explanatory tool while acknowledging its contested status.

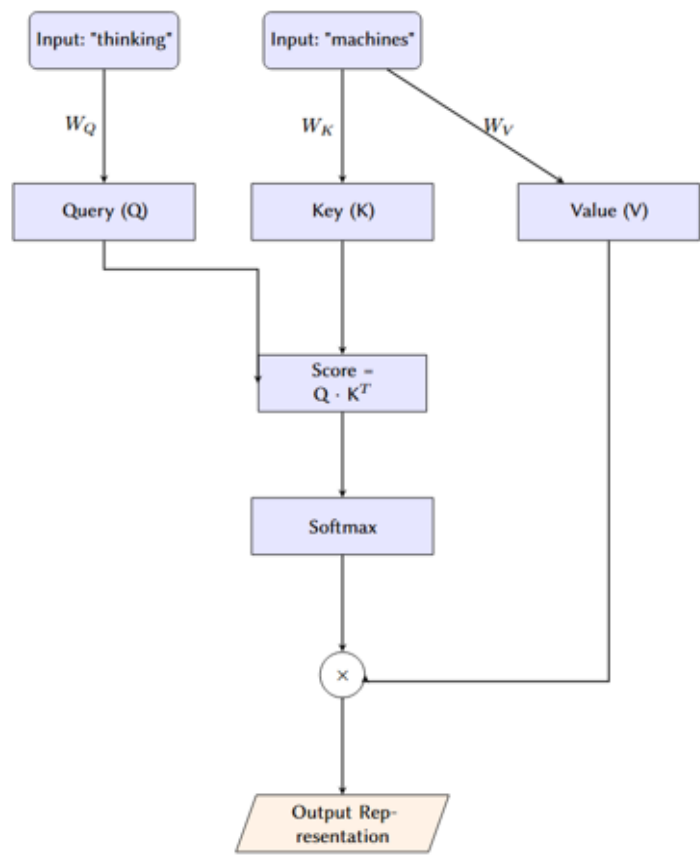


Fig. 1. Simplified visualization of the self-attention mechanism.

When processing the word «thinking,» the model computes a Query vector. This is compared against Key vectors from all other words (here, «machines») to generate a score. The scores are normalized via softmax to create attention weights, which then scale the Value vectors to produce a new, context-aware representation.

We delineate a modular framework for an end-to-end explainable sentiment analysis system. The proposed architecture follows a logical pipeline from data ingestion to explanation delivery, as illustrated in Figure 2.

At the system’s core is a pre-trained Transformer like BERT (Devlin et al., 2019)

or RoBERTa (Liu et al., 2019). The model is finetuned on a domain-specific dataset for sentiment classification, preserving its linguistic knowledge while adapting to the task.

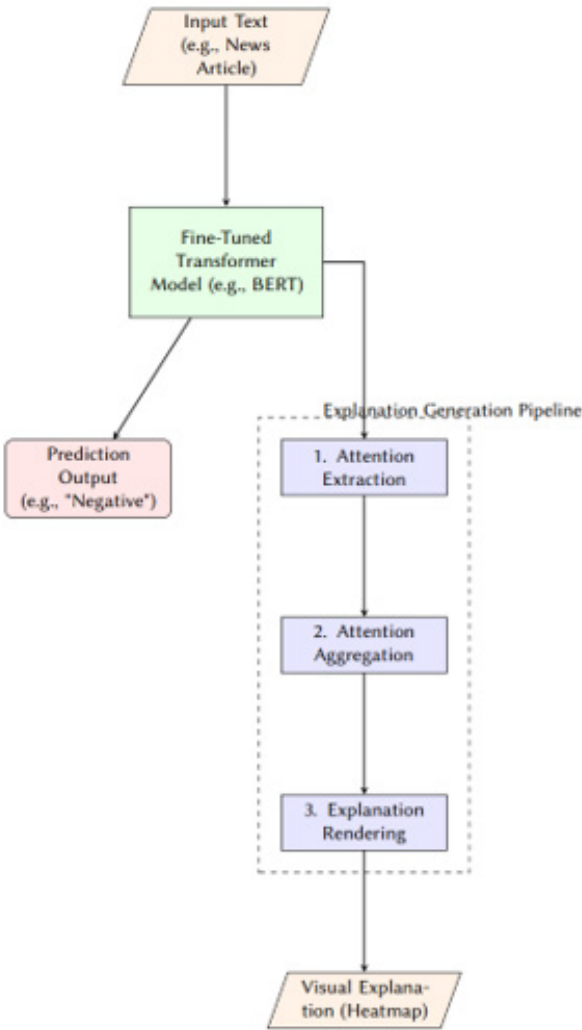


Fig. 2. Conceptual architecture of the explainable sentiment analysis system.

This subsystem extracts and processes attention weights to generate token-level importance scores.

Attention Extraction: The system retrieves raw attention maps from all layers and heads by enabling the `output\_attentions` flag in the model configuration. For BERT-base, this yields 144 attention matrices per input.

Attention Aggregation: Raw weights are too high-dimensional for direct interpretation. We reduce them to a single saliency score per token by averaging across all heads and layers and normalizing the result. This method is computationally lightweight and effective for producing interpretable rankings.

Explanation Rendering: The final saliency scores are mapped to color intensities to create a heatmap. Highly attended tokens receive darker shades, allowing a user to see which words contributed most to the prediction. A sample output is shown in Figure 3.

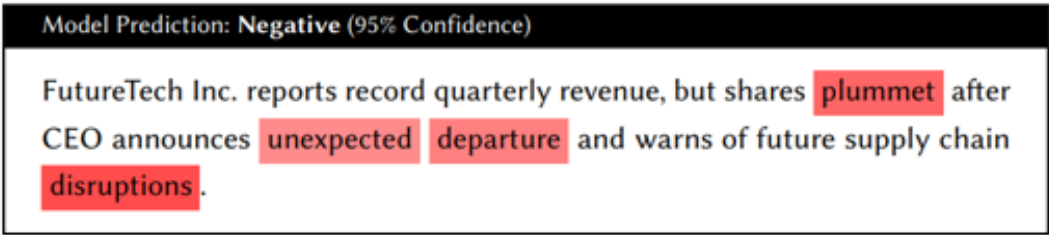


Fig. 3. Example of a visual explanation.

The color intensity of each word corresponds to its calculated attention score, highlighting the key terms driving the negative classification.

The following Python code demonstrates the core logic of the explanation pipeline, from model loading to saliency mapping.

```
Python Implementation of the Explanation Pipeline

from transformers import (BertTokenizer,
                          BertForSequenceClassification)
import torch

# 1. Load model with attention output enabled
model = BertForSequenceClassification.from_pretrained(
    "bert-base-uncased", output_attentions=True
)
tokenizer = BertTokenizer.from_pretrained("bert-base-uncased")
text = "The service was slow but the food was excellent."
inputs = tokenizer(text, return_tensors="pt")

# 2. Forward pass to extract attentions
outputs = model(**inputs)
attentions = outputs.attentions # Tuple of 12 tensors

# 3. Aggregate attentions into token-level scores
# Stack tensors, then average over layers and heads
att_tensor = torch.stack(attentions).squeeze(1)
att_tensor = att_tensor.mean(dim=1) # Average over heads

# Get attention to [CLS] token, often used for classification
cls_attentions = att_tensor[:, 0, :]
token_importance = cls_attentions.mean(dim=0) # Average over layers

# Normalize scores
token_importance = token_importance / token_importance.sum()

# 4. Prepare final list of (token, score) for visualization
tokens = tokenizer.convert_ids_to_tokens(inputs["input_ids"][0])
explanation = list(zip(tokens, token_importance.tolist()))

for tok, score in explanation:
    print(f"{tok:12s}_->_{score:.4f}")
```

Fig. 4. Core logic of the explanation pipeline.

This approach directly uses the model's internal states, adding negligible computational overhead while producing interpretable, token-level attributions.

An algorithmic trading firm analyzes a press release: «FutureTech Inc. reports record revenue, but shares *plummet* after CEO's *unexpected departure* and warns of supply chain *disruptions*.» A standard model outputs «Negative.» The explainable system confirms this but also highlights «plummet,» «unexpected departure,» and «disruptions.» This allows an analyst to verify that the model correctly identified forward-looking risks over historical results, validating a potential automated trade.

Officials monitoring social media see: The new vaccine is a *miracle*, I can't believe how *ineffective* it is. A total *disaster*. A model might be confused by «miracle.» The explainable system would classify the post as negative, strongly highlighting «ineffective» and «disaster.» This shows the analyst that the model correctly identified sarcasm, preventing a misleading data point from skewing public health analytics.

Results and discussion.

A principled evaluation of this framework requires examining its limitations and the open research questions that arise.

A primary critique concerns the distinction between fidelity and faithfulness, as illustrated in Figure 5. Fidelity measures how well the explanation matches the model's output, while faithfulness measures how well it reflects the model's internal reasoning. As shown by Jain and Wallace (Jain et al., 2019), attention weights may not always be faithful, as different attention patterns can produce identical predictions.

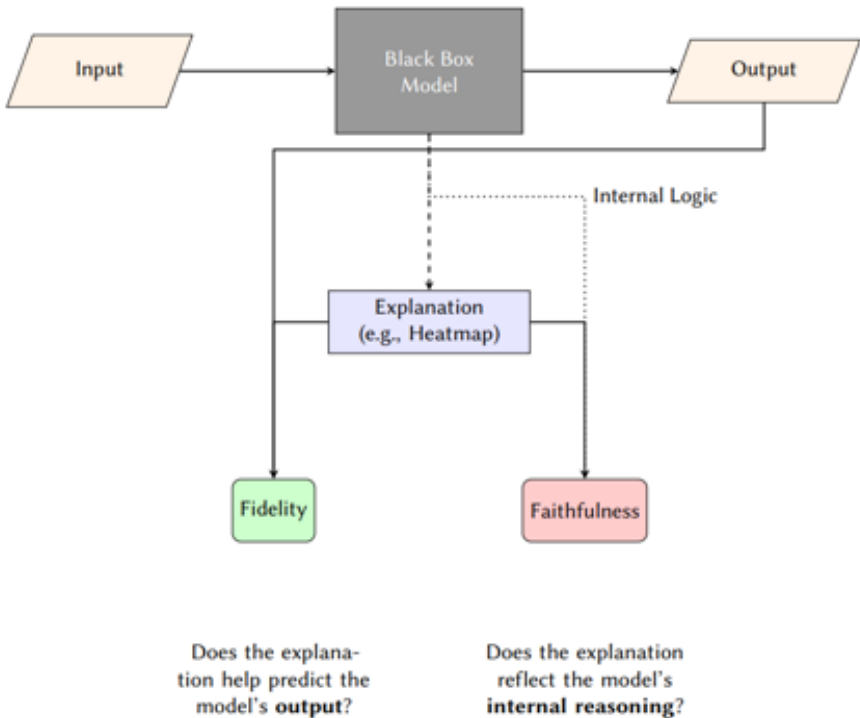


Fig. 5. The dilemma of Fidelity vs. Faithfulness in XAI.

An explanation has high fidelity if it correlates well with the model's predictions, but it is only faithful if it accurately represents the internal mechanisms that caused the prediction. Attention-based methods are often critiqued for having fidelity without guaranteed faithfulness.

Furthermore, the aggregation of multi-layer, multi-head attention into a single score lacks strong theoretical grounding. Different heads often specialize in distinct linguistic functions (Clark et al., 2019), and simple averaging may obscure these crucial signals.

Finally, token-level heatmaps struggle with phenomena involving multi-token interactions, such as negation or sarcasm. In the phrase «anything but boring,» sentiment arises from the compositional meaning, which a simple heatmap may misrepresent by highlighting «boring.»

The deployment of XAI systems introduces unique ethical challenges.

Automation Bias: An intuitive explanation can induce «automation bias,» where a user uncritically accepts the explanation as ground truth. Users must be trained to treat explanations as a guide for inquiry, not an infallible verdict. equal contribution mark: a superscript dagger (†) after the corresponding author mark or the affiliation mark.

Faithful Explanations of Unfair Models: XAI can expose the biased reasoning of an unfair model. This transparency is valuable for auditing but does not solve the underlying problem. There is a risk of «fairwashing,» where transparency creates a superficial impression of accountability without addressing the inequity.

Adversarial Exploitation: Explanations can be reverse-engineered to probe a model's vulnerabilities. Disinformation agents could use the system to craft propaganda that evades detection by understanding what triggers content moderation filters.

Conclusion.

The tension between the predictive power of complex NLP models and the need for transparency is a defining challenge in modern AI. This paper advanced a conceptual framework for an explainable sentiment analysis system based on visualizing the Transformer's self-attention mechanism. While not a definitive account of a model's reasoning, we argue that attention-based methods are a valuable and computationally inexpensive heuristic for generating plausible hypotheses about model behavior. They provide a «first-order approximation» of the model's focus, enabling a critical dialogue between the human expert and the AI system, as shown in Figure 6.

The analyst provides a task, the AI returns a prediction with an explanation, which the analyst uses to validate the reasoning and gain deeper insights, leading to more informed and trustworthy actions.

The path forward must focus on addressing the limitations identified and exploring the deeper implications of human-AI interaction. We propose several avenues for future work:

Developing Hybrid Explanation Methodologies: Future systems should integrate multiple XAI techniques. A fast, attention-based visualization could be augmented with more computationally intensive but theoretically grounded methods like counterfactuals («The model would have predicted 'Positive' if 'plummet' were replaced with 'stabilize'»).

Conducting Rigorous Human-Centered Evaluations: The field must move beyond algorithmic metrics and invest in controlled user studies. Research should answer critical questions: Do visualizations improve a user's ability to detect model errors? Do they mitigate or exacerbate automation bias?

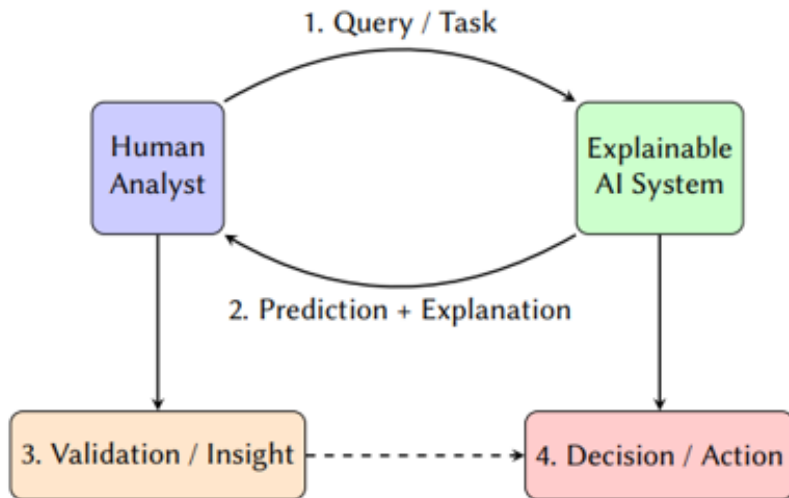


Fig. 6. The virtuous cycle of Human-AI collaboration enabled by XAI.

Advancing Faithfulness through Model Co-Design: Future research could explore training regimes that explicitly incentivize faithfulness, for instance by incorporating an «explanation regularizer» into the model's loss function to penalize divergence between attention weights and a more faithful measure of feature importance.

Designing Richer Interactive Visualization Paradigms: The next generation of XAI tools should feature interactive dashboards. A user could click a word to see its attention patterns or drill down into specific layers. Visualizations must also evolve to represent hierarchical logic, for example by overlaying attention scores onto dependency parse trees. For this work, a prototype implementation is planned in PyTorch Lightning with interactive visualizations rendered using Plotly Dash.

By pursuing these directions, we can progress towards a future where AI systems are not only intelligent but also intelligible, fostering a more productive and responsible partnership between humans and machines.

REFERENCES

- Alqaraawi A., Schuessler M., Gäde M.A.F., Seifert C., Hotho A., Kunneman F. (2024). On the faithfulness of interpretability in natural language processing: A survey, ACM Computing Surveys. DOI:10.1145/3638421. [in Eng.].
- Clark K., Khandelwal U., Levy O., Manning C. D. (2019). What does BERT look at? an analysis of BERT's self-attention, in: Proceedings of the 2019 ACL Workshop BlackboxNLP: Analyzing and Interpreting Neural Networks for NLP, Association for Computational Linguistics. Pp. 276–286. URL: <https://aclanthology.org/W19-4828>. [in Eng.].
- Devlin J., Chang M.W., Lee K., Toutanova K. (2019). BERT: pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding, in: Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies. Volume 1 (Long and Short Papers), Association for Computational Linguistics. Pp. 4171–4186. URL: <https://aclanthology.org/N19-1423>. [in Eng.].

Gunning D. (2017). Explainable artificial intelligence (xai), Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). URL: <https://www.darpa.mil/program/explainable-artificial-intelligence>. [in Eng.].

Hochreiter S., Schmidhuber. J. (1997). Long short-term memory, *Neural Computation* 9. Pp. 1735–1780. DOI:10.1162/neco.1997.9.8.1735. [in Eng.].

Jain S., Wallace B. C. (2019). Attention is not explanation, in: *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies. Volume 1 (Long and Short Papers)*, Association for Computational Linguistics. Pp. 3543–3556. URL: <https://aclanthology.org/N19-1357>. [in Eng.].

Lundberg S.M., Lee S.I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions, in: *Advances in Neural Information Processing Systems* 30. Pp. 4765–4774. URL: <http://papers.nips.cc/paper/7062-a-unified-approach-to-interpreting-model-predictions.pdf>. [in Eng.].

Liu Y., Ott M., Goyal N., Du J., Joshi M., Chen D., Levy O., Lewis M., Zettlemoyer L., Stoyanov V. (2019). RoBERTa: a robustly optimized BERT pretraining approach, *arXiv preprint arXiv:1907.11692*. URL: <https://arxiv.org/abs/1907.11692>. [in Eng.].

Mikolov T., Sutskever I., Chen K., Corrado G.S., Dean J. (2013). Distributed representations of words and phrases and their compositionality, *arXiv preprint arXiv:1310.4546*. URL: <https://arxiv.org/abs/1310.4546>. [in Eng.].

Pang B., Lee L. (2008). Opinion mining and sentiment analysis, *Foundations and Trends in Information Retrieval*. No. 2. Pp. 1–135. DOI:10.1561/15000000011. [in Eng.].

Pang B., Lee L., Vaithyanathan S. (2002). Thumbs up?: Sentiment classification using machine learning techniques, in: *Proceedings of the 2002 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP 2002)*, Association for Computational Linguistics. Pp. 79–86. URL: <https://aclanthology.org/W02-1011>. [in Eng.].

Ribeiro M. T., Singh S., Guestrin C. (2016). «why should i trust you?»: Explaining the predictions of any classifier, in: *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. Pp. 1135–1144. DOI:10.1145/2939672.2939778. [in Eng.].

Sood D., Paşcanu R., Klushyn A., Tifrea A., Soares J.V.B., Griffiths T.L., Rigby P.W.J. (2023). Evaluating the faithfulness of saliency-based explanations for large language models, *arXiv preprint arXiv:2310.09 faithfulness*. URL: <https://arxiv.org/abs/2310.09998>. [in Eng.].

Turney P. D. (2002). Thumbs up or thumbs down?: Semantic orientation applied to unsupervised classification of reviews, in: *Proceedings of the 40th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, Association for Computational Linguistics. Pp. 417–424. URL: <https://aclanthology.org/P02-1053>. [in Eng.].

Vaswani A., Shazeer, N. P., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A. N., Kaiser L., Polosukhin I. (2017). Attention is all you need, in: I. Guyon, U. V. Luxburg, S. Bengio, H. Wallach, R. Fergus, S. Vishwanathan, R. Garnett (Eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems* 30. Curran Associates. Inc. Pp. 5998–6008. URL: <http://papers.nips.cc/paper/7181-attention-is-all-you-need.pdf>. [in Eng.].

Wiegrefe S., Pinter Y. (2019). Attention is not not explanation, in: *Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP)*, Association for Computational Linguistics. Pp. 11–20. URL: <https://aclanthology.org/D19-1002>. [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).