

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)

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

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

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

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

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

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

**РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:**

- Разак Абдул** — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессоры (Қазақстан)  
**Луччо Томмазо де Паолис** — Саленто Университеті (Италия) инновация және технологиялық инжиниринг департаменті AVR зертханасының зерттеу және әзірлеу бөлімінің директоры  
**Лиз Бэкон** — профессор, Абертей Университеті (Ұлыбритания) вице-канцлерінің орынбасары  
**Микеле Пагано** — PhD, Пиза Университетінің (Италия) профессоры  
**Өтелбаев Мухтарбай Өтелбайұлы** — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының профессоры (Қазақстан)  
**Рысбайұлы Болатбек** — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Есептеу және деректер ғылымдары департаментінің профессоры, Astana IT University (Қазақстан)  
**Дайнеко Евгения Александровна** — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)  
**Дузаев Нуржан Тоқсулжанович** — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті цифрландыру және инновациялар жөніндегі проректор (Қазақстан)  
**Синчев Бахтгерей Куспанович** — техника ғылымдарының докторы, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессоры (Қазақстан)  
**Сейлова Нургуль Абдуллаевна** — техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік технологиялар және киберқауіпсіздік факультетінің деканы (Қазақстан)  
**Мухамедиева Ардак Габитовна** — экономика ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті бизнес-медиа және басқару факультетінің деканы (Қазақстан)  
**Абдикаликова Замира Турсынбаевна** — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)  
**Шильдибеков Ерлан Жаржанович** — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті экономика және бизнес кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)  
**Дамелия Максумовна 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)  
**Талеуш Валлас** — PhD, Адам Мицкевич атындағы (Польша) университеттің проректоры  
**Мамырбаев Оркен Жумажанович** — PhD, ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті ақпараттық және есептеу технологиялары институты ӨМК директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Қазақстан)  
**Бушув Сергей Дмитриевич** — техника ғылымдарының докторы, профессор, Украинаның "УКРНЕТ" жобаларды басқару қауымдастығының директоры, Киев ұлттық құрылыс және суалғат 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 Токсуажевич** — PhD, ассоциированный профессор, проректор по цифровизации и инновациям Международного университета информационных технологий (Казахстан)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР:

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

Международный журнал информационных и коммуникационных технологий

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Префикс DOI: 10.54309

Периодичность: 4 выпусков в год.

Язык издания: казахский, русский, английский.

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

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

Распространение: материалы распространяются по лицензии Creative Commons Attribution 4.0

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

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

## CONTENTS

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

**D. Abzhanova, A. Biloshchytski**

A MODEL AND METHOD FOR MANAGING DATA ON EMISSIONS FROM STATIONARY SOURCES OF POLLUTION IN AN INTELLIGENT ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM .....9

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

EARLY DETECTION OF HYDROLOGICAL HAZARDS BASED ON SPATIOTEMPORAL ANALYSIS .....25

## 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 .....36

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

HYBRID STACKING FRAMEWORK FOR CROP CLASSIFICATION USING UAV DATA .....50

**A.K. Aitim**

JOINT MORPHOLOGICAL DISAMBIGUATION AND POS TAGGING FOR AGGLUTINATIVE LANGUAGES .....62

**S.A. Yesniyazova, S.T. Kaimov**

PREDICTIVE MAINTENANCE OF HEAVY-DUTY TRUCKS USING EXPLAINABLE MACHINE LEARNING .....78

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

DATA COMPRESSION ALGORITHM BASED ON WAVELET TRANSFORMER; ANALYSIS AND IMPLEMENTATION IN MATLAB .....92

**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 .....110

**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 .....131

**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 .....146

**R. Taberkhan, M.A. Sambetbayeva, G. Kalman**

KAZCAUSAL: THE FIRST CORPUS-BASED ANNOTATION OF CAUSAL RELATIONSHIPS IN THE KAZAKH LANGUAGE .....160

**S.Tynymbayev, S.E. Mamanova, R. Berdybayev, Zh.E. Temirbekova, T. Chinibayeva**

DIVIDING DEVICES WITH PRELIMINARY PREPARATION OF MULTIPLES OF THE DIVISOR .....172

**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 .....188

**S. Sharmukhanbet, G. Turmukhanova, O. Findik, V. Makhatova, L. Kurmangazyeva**

HIGH-PRECISION ROBOTIC ASSEMBLY UNDER VARIABLE ILLUMINATION: A ROBUST MECHATRONIC ARCHITECTURE FOR VISUAL SERVOING .....209

## 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 .....227

**K. Baisylbayeva, Sh. Mussiraliyeva, Zh. Yeltay**

DETECTION OF EXTREMIST IDEOLOGY IN THE KAZAKH LANGUAGE: ANNOTATION CHALLENGES AND DEEP LEARNING APPROACHES .....242

**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 .....	261
<b>D.I. Prokopovych-Tkachenko, N.K. Zhumagalieva, D.N. Shchytyov, N.F. Mormul, D.A. Cherkaskyi</b> 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 .....	279
<b>E.A. Pustovoy, O.A. Pustovaya, A.N. Raushanova, I.S. Zaurbekov</b> EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF SYNTHESIS OF STOCHASTIC MODELS WITH CONTROLLED PROPERTIES .....	305
<b>Y. Serzhan, T. Umarov, A. Abilbayeva</b> FRAUD DETECTION IN CREDIT CARD TRANSACTIONS USING MACHINE LEARNING: A COMPARATIVE ANALYSIS .....	321

## МАЗМҰНЫ

### ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ДАМУДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

<b>Д.Е. Абжанов, А.А. Белоощицкий</b> ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГТІҢ ЗИЯТКЕРЛІК ЖҮЙЕСІНДЕГІ СТАЦИОНАРЛЫҚ ЛАСТАНУ КӨЗ-ДЕРІНІҢ ШЫҒАРЫНДЫЛАРЫ ТУРАЛЫ ДЕРЕКТЕРДІ БАСҚАРУДЫҢ МОДЕЛІ МЕН ӘДІСІ .....	9
<b>А.Е. Сланбекова, М.Б. Рахимжанова, А.И. Жанибекова, А.З. Алимагамбетова, М. Худойбергенов</b> КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ (SPATIOTEMPORAL) ТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІП-ҚАТЕРДІ ЕРТЕ АНЫҚТАУ .....	25

### АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

<b>Ф.Н. Абдраимова, А.А. Керейбаева, Д.С. Дюсенова, Д.А. Алиева, Т.Ж. Токтарова</b> ТІЛ БІЛІМІНДЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ: СТУДЕНТТЕР ҚОЛДАНУЫНЫҢ ПРАКТИКАЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ МЕН МӘСЕЛЕЛЕРІ .....	36
<b>Г.Т. Азиева, М.Б. Есенова, А.К. Абжаппарова, Г.Б. Абдикеримова, P. Schmidt</b> UAV ДЕРЕКТЕРІ НЕГІЗІНДЕ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ DAҚЫЛДАРЫН ЖІКТЕУГЕ АРНАЛҒАН ГИБРИДТІ СТЕКИНГ МОДЕЛІ .....	50
<b>Ә.Қ. Әйтiм</b> АГГЛЮТИНАТИВТІ ТІЛДЕРГЕ АРНАЛҒАН МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ДИЗАМБИГУАЦИЯ МЕН POS-ТАҢ-БАЛАУДЫ БІРЛЕСІП МОДЕЛЬДЕУ .....	62
<b>С.А. Есниязова, С.Т. Каимов</b> ТҮСІНДІРІЛЕТІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП АУЫР ЖҮК КӨЛІКТЕРІНЕ БОЛЖАМДЫ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ .....	78
<b>Т.Д. Иманбекова, Ж.Б. Ибраева, Г.Т. Джаканова, Г.Т. Асқанбай</b> МӨЛІМЕТТЕРДІ ВЕЙВЛЕТ-ТҮРЛЕНДІРГІШТІҢ НЕГІЗІНДЕ ҚЫСУ АЛГОРИТМІ; MATLAB ОРТАСЫНДА ТАЛДАУ ЖӘНЕ ІСКЕ АСЫРУ .....	92
<b>Б.З. Кенжегулов, Ж.Т. Билялова, К.Н. Утеулиева, Л. Нурғалиева, Ш.С. Нуржанова</b> ҮЛКЕН ТІЛДІК МОДЕЛЬДЕР НЕГІЗІНДЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ТЕХТ-ТО-SQL ЖҮЙЕСІН ӨЗІРЛЕУДІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ-АЛГОРИТМДІК ТӘСІЛІ .....	110
<b>Н.Ш. Максұтова, Ж.А. Тусупов, А.Ә. Шекербек, Ж.Е. Кенжебаева, К.О. Рахимов</b> ЖҮРЕК-ҚАН ТАМЫРЛАРЫ АУРУЛАРЫНЫҢ ҚАУІП-ҚАТЕРІН ЖӘНЕ БИОХИМИЯЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ КЕШЕНДІ БАҒАЛАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ: АСПАРТАМИНОТРАНСФЕРАЗАҒА ЕРЕКШЕ НАЗАР .....	131
<b>О.С. Салықова, В.А. Мадин, Б.Р. Салықов, Д.Н. Комаров, Н.В. Мануилов</b> ӨНЕРКӘСІПТІК МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ MEMS-АКСЕЛЕРОМЕТРЛЕРДІҢ СЕНСОРЛЫҚ МОДУЛЬДЕРІН ИНТЕГРАЦИЯЛАУ .....	146
<b>Р. Таберхан, М.А. Самбетбаева, Г. Қалман</b> KAZCAUSAL: ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ СЕБЕП-САЛДАРЛЫҚ ҚАТЫНАСТАРДЫҢ АЛҒАШҚЫ КОРПУСТЫҚ АННОТАЦИЯСЫ .....	160
<b>С. Тынымбаев, С.Е. Маманова, Р. Бердібаев, Ж.Е. Темірбекова, Т. Чинибаева</b> БӨЛГІШТІҢ ЕСЕЛІ МӘНДЕРІН АЛДЫН АЛА ДАЙЫНДАУМЕН ЖҮЗЕГЕ АСЫРЫЛАТЫН БӨЛУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ .....	172



<b>К.Н. Утеулиева, Б.З. Кенжегулов, Т.А. Каражигитова, Х. Булбул, З.Ж. Жанузакова</b> КОЛЛАБОРАТИВТІК СҮЗГІЛЕУ НЕГІЗІНДЕГІ ҰСЫНЫМДЫҚ ЖҮЙЕНІ ӨЗІРЛЕУДІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ-АЛГОРИТМДІК ТӘСІЛДЕРІ .....	188
<b>С. Шармуханбет, Г. Тұрмуханова, О. Финдик, В. Махатова, Л. Курмангазиева</b> АЙНЫМАЛЫ ЖАРЫҚ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ЖОҒАРЫ ДӘЛДІКТІ РОБОТТЫҚ ҚҰРАСТЫРУ: ВИЗУАЛДЫ СЕРВОТЕЖЕУДІҢ ТӨЗІМДІ МЕХАТРОНИКАЛЫҚ АРХИТЕКТУРАСЫ .....	209

### АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН

<b>А. Амирбай, З. Аманбайқызы, К. Максүтова, А. Муханова, М. Kassim</b> КӨЗ ҚОЗҒАЛЫСТАРЫ МЕН БЕТ МИМИКА БЕЛГІЛЕРІН МУЛЬТИМОДАЛЬДЫ ТАЛДАУҒА НЕГІЗ- ДЕЛГЕН БАЛАЛАРДАҒЫ АУТИЗМ СПЕКТРІНІҢ БҰЗЫЛЫСТАРЫН ЕРТЕ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМІ .....	227
<b>К.Д. Байсылбаева, Ш.Ж. Мусиралиева, Ж. Елтай</b> ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ ӨКСТРЕМИСТИК ИДЕОЛОГИЯНЫ АНЫҚТАУ: АННОТАЦИЯЛАУ МӘСЕЛЕЛЕРІ ЖӘНЕ ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ТӘСІЛДЕРІ .....	242
<b>М.А. Болатбек, А.М. Усманова, Қ.Б. Багитова, Г.Б. Байспай</b> КИБЕР ҚАУІПТІ АНЫҚТАУ ҮШІН ЖЕЛІЛІК ТРАФИКТІ ТАЛДАУ ӘДІСІН ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ .....	261
<b>Д.И. Прокопович-Ткаченко, Н.К. Жумагалиева, Д.Н. Щитов, Н.Ф. Мормуль, Д.А. Черкасский</b> 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 .....	279
<b>Е.А. Пустовой, О.А. Пустовая, А.Н. Раушанова, И.С. Заурбеков</b> БАСҚАРЫЛАТЫН ҚАСИЕТТЕРІ БАР СТОХАСТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРДІ СИНТЕЗДЕУДІҢ ТИМДІЛІГІН БАҒАЛАУ .....	305
<b>Е. Сержан, Т. Умаров, А. Әбілбаева</b> МАШИНАЛЫҚ ОҚУ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ КРЕДИТ КАРТА ОПЕРАЦИЯЛАРЫНДАҒЫ АЛАЯҚТЫҚТЫ АНЫҚТАУ: САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ .....	321

### СОДЕРЖАНИЕ

#### ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВИТИИ СОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

<b>Д.Е. Абжанова, А.А. Белошицкий</b> МОДЕЛЬ И МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ О ВЫБРОСАХ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА .....	9
<b>А.Е. Сланбекова, М.Б. Рахимжанова, А.И. Жанибекова, А.З. Алимагамбетова, М. Худойбергенов</b> РАННЕЕ ВЫЯВЛЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННОГО (SPATIOTEMPORAL) АНАЛИЗА .....	25

#### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Ф.Н. Абдраимова, А.А. Керейбаева, Д.С. Дюсенова, Д.А. Алиева, Т.Ж. Токтарова</b> ТЕХНОЛОГИИ ИИ В ЯЗЫКОВОМ ОБРАЗОВАНИИ: ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТУДЕНТАМИ .....	36
<b>Г.Т. Азиева, М.Б. Есенова, А.К. Абжаппарова, Г.Б. Абдикеримова, Р. Schmidt</b> ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ СТЕКИНГА ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПО ДАННЫМ UAV .....	50
<b>Ә.Қ. Әйтiм</b> СОВМЕСТНАЯ МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ДИЗАМБИГУАЦИЯ И POS-РАЗМЕТКА ДЛЯ АГГЛЮТИНАТИВНЫХ ЯЗЫКОВ .....	62
<b>С.А. Есниязова, С.Т. Каимов</b> ПРЕДИКТИВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ТЯЖЁЛЫХ ГРУЗОВИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИ- ЕМ ОБЪЯСНИМОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ .....	78
<b>Т.Д. Иманбекова, Ж.Б. Ибраева, Г.Т. Джаканова, Г.Т. Асқанбай</b>	

АЛГОРИТМ СЖАТИЯ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ: АНАЛИЗ И РЕАЛИЗАЦИЯ В МАТЛАВ .....	92
<b>Б.З. Кенжегулов, Ж.Т. Билялова, К.Н. Утеулиева, Л. Нургалиева, Ш.С. Нуржанова</b> МАТЕМАТИКО-АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ TEXT-TO-SQL СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ .....	110
<b>Н.Ш. МаксUTOва, Д.А. Тусупов, А.А. Шекербек, Ж.Е. Кенжебаева, К.О. Рахмтов</b> МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ РИСКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ И БИОХИМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ: АКЦЕНТ НА АСПАРТАМИНОТРАНСФЕРАЗЕ ...	131
<b>О.С. Салыкова, В.А. Мадин, Б.Р. Салыков, Д.Н. Комаров, Н.В. Мануйлов</b> ИНТЕГРАЦИЯ СЕНСОРНЫХ МОДУЛЕЙ MEMS-АКСЕЛЕРОМЕТРОВ В СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОГО МОНИТОРИНГА .....	146
<b>Р. Таберхан, М.А. Самбетбаева, Г. Калман</b> KAZCAUSAL: ПЕРВАЯ КОРПУСНАЯ АННОТАЦИЯ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ .....	160
<b>С. Тынымбаев, С.Е. Маманова, Р. Бердибаев, Ж.Е. Темирбекова, Т. Чинибаева</b> УСТРОЙСТВА ДЕЛЕНИЯ ЧИСЕЛ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКОЙ КРАТНЫХ ДЕЛИТЕЛЮ .....	172
<b>К.Н. Утеулиева, Б.З. Кенжегулов, Т.А. Каражигитова, Х.Бюльбюль, З.Ж. Жанузакова</b> МАТЕМАТИКО-АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ КОЛЛАБОРАТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ .....	188
<b>С. Шармуханбет, Г. Турмуханова, О.Финдик, В.Махатова, Л. Курмангазиева</b> ВЫСОКОТОЧНАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ СБОРКА ПРИ ПЕРЕМЕННОЙ ОСВЕЩЁННОСТИ: РОБАСТНАЯ МЕХАТРОННАЯ АРХИТЕКТУРА ВИЗУАЛЬНОГО СЕРВОУПРАВЛЕНИЯ .....	209

## ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>А. Амирбай, З. Аманбайкызы, К. МаксUTOва, А. Муханова, М. Kassim</b> АЛГОРИТМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ РАССТРОЙСТВ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА У ДЕТЕЙ НА ОСНОВЕ МУЛЬТМОДАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ И МИМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ .....	227
<b>К.Д. Байсылбаева, Ш.Ж. Мусиралиева, Ж.Елтай</b> ОБНАРУЖЕНИЕ ЭКСТРЕМИСТСКОЙ ИДЕОЛОГИИ НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ: ПРОБЛЕМЫ АННОТИРОВАНИЯ И МЕТОДЫ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ .....	242
<b>М.А. Болатбек, А.М. Усманова, К.Б. Багитова, Г.Б. Байспай</b> РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА СЕТЕВОГО ТРАФИКА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ КИБЕРУГРОЗЫ .....	261
<b>Д.И. Прокопович-Ткаченко, Н.К. Жумагалиева, Д.Н. Щитов, Н.Ф. Мормуль, Д.А. Черкасский</b> НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ДАННЫХ: МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ, НАСТРОЙКА БАЗЫ ПРАВИЛ И ДЕМОСТРАЦИОННЫЙ КЕЙС ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ .....	279
<b>Е.А. Пустовой, О.А. Пустовая, А.Н. Раушанова, И.С. Заурбеков</b> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИНТЕЗА СТОХАСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ С УПРАВЛЯЕМЫМИ СВОЙСТВАМИ .....	305
<b>Е. Сержан, Т. Умаров, А. Абильбаева</b> ВЫЯВЛЕНИЕ МОШЕННИЧЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ОПЕРАЦИЯХ С КРЕДИТНЫМИ КАРТАМИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ .....	321



INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 7. Is.2. Number 26 (2026). Pp. 131–145

Journal homepage: <https://journal.iitu.edu.kz><https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.009>

УДК 004.931

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

*N.Sh. Maxutova<sup>1</sup>, J.A. Tussupov<sup>1\*</sup>, A.A. Shekerbek<sup>1</sup>, Zh.E. Kenzhebayeva<sup>2</sup>,  
Q.O. Rakhimov<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yesenov, Aktau,  
Kazakhstan;

<sup>3</sup>Fergana State University, Fergana, Uzbekistan.

E-mail: [tussupov@mail.ru](mailto:tussupov@mail.ru)

**Natalya Sh. Maxutova** — Senior Lecturer, Department of Information Systems, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<https://orcid.org/0009-0009-3079-6779>;

**Jamalbek A. Tussupov** — Department of Information Systems, Faculty of Information Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: [tussupov@mail.ru](mailto:tussupov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9179-0428>;

**Ainur A. Shekerbek** — PhD, Department of Information Systems, Faculty of Information Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-1088-4239>;

**Zhanat E. Kenzhebayeva** — Associate Professor of the Kazakh-German Institute of Sustainable Engineering, Candidate of Technical Sciences in Engineering, Aktau, Kazakhstan, 130000 <https://orcid.org/0000-0002-1942-4474>;

**Quvvatali O. Rakhimov** — Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Fergana State University, Fergana, Republic of Uzbekistan

<https://orcid.org/0000-0002-1863-3645>.

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

**Abstract.** This study explores various machine learning techniques for analyzing risk factors associated with cardiovascular diseases. Two approaches were employed to develop predictive models-XGBoost and a Convolutional Neural Network (CNN). The primary focus was to evaluate the performance of each model in classification and regression tasks, as well as their ability to identify key biomarkers and risk factors such as cholesterol, ferritin, homocysteine, and aspartate aminotransferase (AST). The XGBoost



algorithm was fine-tuned for handling tabular data and demonstrated high accuracy in risk prediction. In contrast, the CNN model, while showing an initial reduction in training error, exhibited signs of overfitting during validation. A comparison based on metrics such as Mean Squared Error (MSE), Coefficient of Determination ( $R^2$ ), Akaike Information Criterion (AIC), and Bayesian Information Criterion (BIC) revealed significant differences between the two models. The findings confirm the efficiency of XGBoost in processing structured data and summarizing risk factor insights, while the CNN model requires further optimization to manage sparse datasets. Overall, the study highlights the importance of selecting an appropriate model architecture and tuning parameters to achieve reliable cardiovascular disease diagnosis.

**Keywords:** cardiovascular diseases, machine learning technologies, Mean Squared Error, biochemical indicators, XGBoost, Vanilla CNN, Pathology

**For citation:** N.Sh. Maxutova, J.A. Tussupov, A.A. Shekerbek, Zh.E. Kenzhebayeva, Q.O. Rakhimov (2026). Machine learning for comprehensive evaluation of cardiovascular disease risk and biochemical alterations: focus on aspartate aminotransferase // International journal of information and communication technologies. Vol. 7. No. 26. Pp. 131–145. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.009>. (In Russ.).

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

## ЖҮРЕК-ҚАН ТАМЫРЛАРЫ АУРУЛАРЫНЫҢ ҚАУІП-ҚАТЕРІН ЖӘНЕ БИОХИМИЯЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ КЕШЕНДІ БАҒАЛАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ: АСПАРТАМИНОТРАНСФЕРАЗАҒА ЕРЕКШЕ НАЗАР

*Н.Ш. Максұтова<sup>1</sup>, Ж.А. Тусупов<sup>1\*</sup>, А.Ә. Шекербек<sup>1</sup>, Ж.Е. Кенжебаева<sup>2</sup>,  
К.О. Рахимов<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан;

<sup>2</sup>Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау, Қазақстан;

<sup>3</sup>Ферғана мемлекеттік университеті, Ферғана, Өзбекстан.

E-mail: [tussupov@mail.ru](mailto:tussupov@mail.ru)

**Максұтова Наталья Шахиновна** — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Ақпараттық жүйелер кафедрасының аға оқытушысы, PhD, Астана, Қазақстан

<https://orcid.org/0009-0009-3079-6779>;

**Тусупов Жамалбек Алиаскарович** — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Ақпараттық жүйелер кафедрасының профессор, PhD, Астана, Қазақстан

E-mail: [tussupov@mail.ru](mailto:tussupov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9179-0428>;

**Шекербек Айнұр Әзімбайқызы** — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Ақпараттық жүйелер кафедрасының доценті, PhD, Астана, Қазақстан  
<https://orcid.org/0000-0002-1088-4239>;

**Кенжебаева Жанат Елубаевна** — Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, тұрақты инжиниринг бойынша Қазақ-неміс институтының қауымдастырылған профессоры, техника ғылымдарының кандидаты, Ақтау, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-1942-4474>;

**Рахимов Кувватали Ортикович** — техника ғылымдары бойынша философия докторы (PhD), Ферғана мемлекеттік университеті, Ферғана, Өзбекстан

<https://orcid.org/0000-0002-1863-3645>.

© Н.Ш. Максұтова, Ж.А. Тусупов, А.Ә. Шекербек, Ж.Е. Кенжебаева, К.О. Рахимов

**Аннотация.** Бұл зерттеуде жүрек-қан тамырлары ауруларының қауіп факторларын талдау үшін машинамен оқыту әдістерінің әртүрлі тәсілдері қарастырылды. Болжамдық модельдерді құру барысында екі әдіс қолданылды-XGBoost және конволюциялық нейрондық желі (CNN). Негізгі назар әр модельдің классификация және регрессия міндеттеріндегі өнімділігін, сондай-ақ холестерин, ферритин, гомоцистеин және аспартаминотрансфераза (AST) сияқты негізгі биомаркерлер мен қауіп факторларын анықтау қабілетін бағалауға аударылды. XGBoost алгоритмінің параметрлері кестелік деректермен жұмыс істеуге бейімделіп, тәуекелді дәл болжауда жоғары нәтижелер көрсетті. Ал CNN моделі, оқыту жиынында қателік деңгейі тез төмендегенімен, валидациялық деректерді талдауда артық үйрену белгілерін көрсетті. Орташа квадраттық қате (MSE), детерминация коэффициенті ( $R^2$ ), Акаике критерийі (AIC) және Байес ақпараттық критерийі (BIC) сияқты метрикалар бойынша жүргізілген салыстыру модельдер арасындағы айтарлықтай айырмашылықтарды анықтады. Нәтижелер XGBoost моделінің кестелік деректерді өңдеуде және қауіп факторлары туралы ақпаратты жинақтауда тиімді екенін дәлелдеді, ал CNN моделіне сирек деректермен жұмыс істеу үшін қосымша оңтайландыру қажет. Бұл зерттеу сенімді жүрек-қан тамырлары ауруларын диагностикалау үшін модель архитектура-сы мен оқыту параметрлерін дұрыс таңдаудың маңыздылығын көрсетеді.

**Түйінді сөздер:** жүрек-қан тамырлары аурулары, машиналық оқыту технологиялары, Орташа квадраты қатесі (Mean Squared Error), биохимиялық көрсеткіштер, XGBoost, Vanilla CNN, Патология

**Дәйексөздер үшін:** Н.Ш. Максұтова, Ж.А. Тусупов, А.Ә. Шекербек, Ж.Е. Кенжебаева, К.О. Рахимов (2026). Жүрек-қан тамырлары ауруларының қауіп-қатерін және биохимиялық өзгерістерді кешенді бағалау үшін машиналық оқыту: аспартаминотрансферазаға ерекше назар // Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы. Т. 7. No. 26. Б. 131–145. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.009>. (Орыс. тіл.).

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

## МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ РИСКА СЕР-



## ДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ И БИОХИМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ: АКЦЕНТ НА АСПАРТАТАМИНОТРАНСФЕРАЗЕ

*Н.Ш. Максумова<sup>1</sup>, Д.А. Тусупов<sup>1\*</sup>, А.А. Шекербек<sup>1</sup>, Ж.Е. Кенжебаева<sup>2</sup>,  
К.О. Рахимов<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан;

<sup>2</sup>Каспийский университет технологий и инжиниринга им. Ш.Есенова, Актау, Казахстан;

<sup>3</sup>Ферганский государственный университет, Фергана, Узбекистан.

E-mail: [tussupov@mail.ru](mailto:tussupov@mail.ru)

**Максумова Наталья Шахиновна** — старший преподаватель кафедры информационных систем Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

<https://orcid.org/0009-0009-3079-6779>;

**Тусупов Джамалбек Алиаскарович** — профессор, доктор ф.м. наук, кафедра информационных систем, факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва, Астана, Казахстан

E-mail: [tussupov@mail.ru](mailto:tussupov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9179-0428>;

**Шекербек Айнур Эзімбайқызы** — Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, старший преподаватель кафедры «Информационные системы», PhD, Астана, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-1088-4239>;

**Кенжебаева Жанат Елубаевна** — Каспийский университет технологий и инжиниринга им. Ш.Есенова., ассоциированный профессор Казахско-немецкого института устойчивой инженерии, Актау, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-1942-4474>;

**Рахимов Кувватали Ортикович** — доктор философии (PhD) в области технических наук, Ферганский государственный университет, Фергана, Республика Узбекистан E- <https://orcid.org/0000-0002-1863-3645>.

© Н.Ш. Максумова, Д.А. Тусупов, А.А. Шекербек, Ж.Е. Кенжебаева, К.О. Рахимов

**Аннотация.** В этом исследовании рассматриваются различные подходы машинного обучения для анализа факторов, способствующих развитию сердечно-сосудистых заболеваний. При создании моделей прогнозирования были применены два метода- XGBoost и сверточная нейронная сеть (CNN). Особое внимание уделялось оценке производительности каждой модели в задачах классификации и регрессии, а также способности выявлять ключевые биомаркеры и факторы риска, включая холестерин, ферритин, гомоцистеин и аспартатаминотрансферазу (AST). Параметры XGBoost были адаптированы под табличные данные, что позволило достичь высокой точности предсказаний риска. В то же время, несмотря на быстрое снижение ошибки на обучающем наборе, модель CNN продемонстрировала

проверке на валидационных данных. Сравнение моделей по метрикам средней квадратичной ошибки (MSE), коэффициента детерминации ( $R^2$ ), критерия Акаике (AIC) и байесовского информационного критерия (BIC) выявило существенные различия в их эффективности. Результаты анализа подтверждают, что XGBoost более эффективно обрабатывает табличные данные и обобщает информацию о факторах риска, тогда как CNN требует дальнейшей оптимизации для корректной работы с разреженными наборами данных. Исследование подчеркивает важность выбора оптимальной архитектуры модели и параметров обучения для обеспечения точной и надежной диагностики сердечно-сосудистых заболеваний.

**Ключевые слова:** сердечно-сосудистые заболевания, технологии машинного обучения, среднеквадратичная ошибка (Mean Squared Error), биохимические показатели, XGBoost, Vanilla CNN, патология

**Для цитирования:** Н.Ш. МаксUTOва, Д.А. Тусупов, А.А. Шекербек, Ж.Е. Кенжебаева, К.О. Рахимов (2026). Машинное обучение для комплексной оценки риска сердечно-сосудистых заболеваний и биохимических изменений: акцент на аспартатаминотрансферазе // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. Т. 7. No. 26. Стр. 131–145. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.009>. (На русс.).

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

## Введение.

В современном мире сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) остаются основной причиной смертности и инвалидности среди населения по всему миру, что подчеркивает необходимость разработки более эффективных методов их профилактики и лечения (O’Kelly et al., 2022; Silveira et al., 2022). Расширение возможностей медицинской диагностики и прогноза с использованием технологий машинного обучения открывает новые перспективы для раннего выявления и оценки риска ССЗ (Hu et al., 2021; Shaito et al., 2020). Основная цель данной работы – проанализировать различные факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний с помощью методов машинного обучения, что может способствовать созданию прогностических моделей для оценки вероятности развития ССЗ у конкретных пациентов. Такие модели особенно ценны в клинической практике, поскольку они помогают оптимизировать стратегии профилактики и вмешательства, направленные на снижение риска заболеваний (Deng et al., 2020).

Методы машинного обучения, включая как классические алгоритмы, такие как логистическая регрессия (Fitriyani et al., 2020; Ramesh et al., 2022), так и более современные подходы, например, глубокое обучение (Swathy et al., 2022; Subramani et al., 2023), обладают значительными преимуществами для обработки и анализа больших объемов медицинских данных. Они способны выявлять скрытые зависимости и закономерности, которые могут быть недоступны при использовании традиционных статистических методов. Тем не менее, несмотря на обнадеживающие результаты, применение машинного обучения в медицине сталкивается с рядом про-

блем, включая интерпретируемость моделей, обеспечение достаточной точности и надежности прогнозов, а также необходимость адаптации моделей к клиническим требованиям (Taylan et al., 2023). В статье обсуждаются эти вопросы и предлагаются возможные пути их решения (Sethi et al., 2023). С точки зрения данных, использование широкого спектра клинических, лабораторных и демографических показателей позволяет создавать более точные и индивидуализированные модели риска. Помимо традиционных факторов, таких как возраст, пол, медицинская история, уровень холестерина и артериальное давление, в анализ включаются более специфические биомаркеры и генетические данные, что повышает прогностическую ценность моделей (Ozcan et al., 2023; Shukur et al., 2023). В данной работе рассматривается проблема диагностики сердечных заболеваний с использованием методов машинного обучения (Saeedbakhsh et al., 2023), отмечается, что ССЗ остаются значительной проблемой для систем здравоохранения во всем мире. Для сравнения эффективности различных моделей использовались алгоритмы Random Forest (RF), Decision Tree (DT), Multilayer Perceptron (MP) и XGBoost (XGB), что позволило достичь высокой точности классификации, превышающей 87% (Dritsas et al., 2023; Asif et al., 2024). Особое внимание в исследовании уделялось разработке прототипа носимого биомедицинского устройства для прогнозирования наличия ССЗ, что особенно актуально для стран с низким соотношением врач-пациент, так как носимая технология позволяет отслеживать параметры пациентов в любом месте, а не только в больнице (Naizagarayeva et al., 2023; Yilmaz et al., 2022). Предложенный прототип с использованием алгоритма Random Forest продемонстрировал эффективность прогноза на уровне 88%, подтверждая его потенциал в качестве помощника для пожилых людей. В целом, этот обзор подчеркивает важность интеграции методов машинного обучения в практику кардиологии и является вкладом в развитие персонализированной медицины, способной обеспечивать точные и своевременные решения для управления здоровьем сердца (Bhatt et al., 2023). В нашем научном исследовании особое внимание уделено анализу взаимосвязей между биохимическими параметрами и их влиянием на состояние здоровья. Рассматривается широкий спектр факторов, включая возраст, уровень холестерина, ферритина, АСТ, гомоцистеина и целевой показатель, отражающий наличие или отсутствие риска ССЗ. Такой комплексный подход позволяет выявлять более глубокие корреляции между этими показателями и прогнозировать потенциальные риски, что делает работу особенно полезной для разработки стратегий профилактики и лечения.

### **Материалы и методы.**

В данном исследовании были рассмотрены два подхода к построению и обучению прогностических моделей: первый основан на алгоритме XGBoost, а второй — на сверточной нейронной сети (CNN), реализованной на платформе TensorFlow. Основной целью работы являлось сравнение эффективности этих моделей при решении задач классификации и регрессии с использованием данных, импортированных из Excel.

Для модели XGBoost были заданы следующие параметры. В качестве функции потерь использовалась *reg:squarederror*, минимизирующая среднеквадратичную

ошибку в задачах регрессии. Доля признаков, случайно отбираемых для построения каждого дерева (*colsample\_bytree*), была установлена на уровне 0.3, что способствует снижению переобучения и повышает способность модели к обобщению. Скорость обучения (*learning rate*) выбрана равной 0.1, обеспечивая постепенное и устойчивое обучение. Глубина деревьев (*max\_depth*) ограничена пятью уровнями для контроля сложности модели, а количество деревьев (*n\_estimators*) установлено на 100, что позволило достичь достаточной глубины анализа данных. В процессе обучения использовались как обучающая, так и валидационная выборки, что позволило контролировать переобучение модели по метрике RMSE (рис. 1).

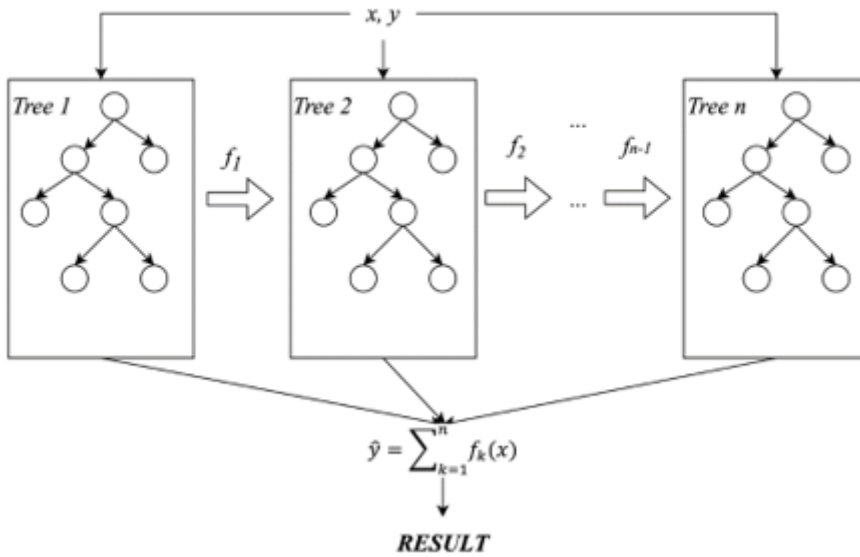


Рис. 1. Архитектура модели XGBoost

Архитектура модели CNN включала свёрточные слои, слои подвыборки (MaxPooling), слой преобразования данных в одномерный массив (Flatten) и полносвязные слои (Dense). Такой подход является традиционным при анализе изображений и структурированных данных. В качестве функции активации в скрытых слоях использовалась ReLU, что способствует ускорению сходимости и предотвращает проблему затухания градиентов. На выходном слое применялась сигмоидальная функция активации, подходящая для решения задач бинарной классификации. Оптимизация параметров осуществлялась с помощью алгоритма Adam, отличающегося способностью адаптивно изменять скорость обучения на основе первого и второго моментов градиентов. Модель обучалась в течение 10 эпох с применением валидационных данных, что позволило отслеживать процесс обучения и предотвращать переобучение (рис. 2).

Для оценки эффективности разработанных моделей был проведён комплексный анализ, включающий использование нескольких статистических метрик-Mean

Squared Error (MSE), коэффициента детерминации ( $R^2$ ), а также информационных критериев Akaïke (AIC) и Bayesian (BIC). Такой подход позволил не только определить точность предсказаний, но и оценить качество аппроксимации данных при различной степени сложности моделей.

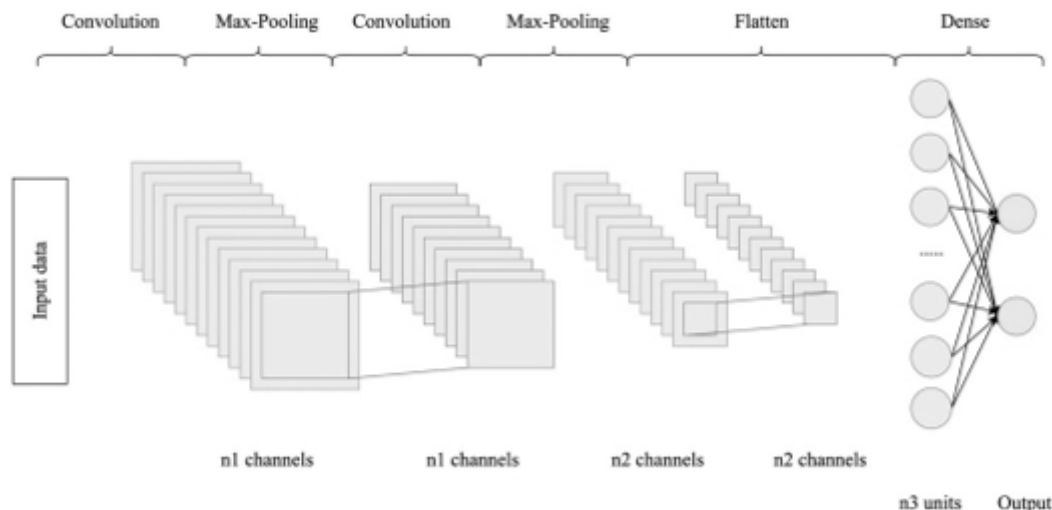


Рис. 2. Архитектура модели VanillaCNN

Метрика MSE использовалась для количественной оценки среднеквадратичного отклонения прогнозируемых значений от реальных, что позволило выявить общую ошибку модели. Показатель  $R^2$ , в свою очередь, продемонстрировал, насколько хорошо выбранная модель объясняет изменчивость данных, отражая силу взаимосвязи между предсказанными и фактическими значениями. Информационные критерии AIC и BIC позволили дополнительно оценить баланс между точностью и сложностью моделей. Низкие значения этих метрик указывали на более рациональную структуру модели без избыточной подгонки под данные (overfitting). Такой многоуровневый подход к анализу позволил не только провести объективное сравнение моделей XGBoost и Vanilla CNN, но и определить направления для дальнейшей оптимизации архитектуры и гиперпараметров. В результате стало возможным выбрать модель, обеспечивающую оптимальное сочетание точности, интерпретируемости и вычислительной эффективности, что повышает её практическую ценность для прогнозирования риска биохимических отклонений и сердечно-сосудистых заболеваний в клинических и исследовательских задачах.

### Результаты и обсуждение.

В рамках исследования был использован уникальный набор данных, собранный автором самостоятельно в ряде диагностических лабораторий Казахстана. Данные представляют собой результат реальных биохимических и клинических обследований пациентов, прошедших анализы в медицинских учреждениях г. Астаны и других регионов. Все записи были полностью обезличены в соответствии с требова-

ниями биоэтики и нормами обработки медицинской информации. Сформированный датасет включает 10 000 записей, содержащих демографические характеристики и биохимические показатели, традиционно используемые для оценки риска сердечно-сосудистых заболеваний. Таким образом, данный набор данных является оригинальным, не публичным и отражает именно казахстанскую популяцию, что повышает его ценность для локальных исследований и разработки регионально адаптированных моделей прогнозирования. В данной работе использовался набор данных из 10 000 записей, организованных по шести столбцам. Эти данные включают различные биомаркеры и демографическую информацию, что позволяет исследовать факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний. Первый столбец указывает пол пациента: 1 обозначает мужчин, 2 – женщин. Во втором столбце приведён возраст пациента в годах. Третий столбец содержит уровень холестерина в крови, измеренный в ммоль/л. Четвёртый столбец отражает концентрацию ферритина в крови, выраженную в нг/мл, который является маркером воспалительных процессов и может коррелировать с риском сердечно-сосудистых заболеваний. Пятый столбец показывает уровень аспаратаминотрансферазы (AST) в крови в единицах на литр, фермента, участвующего в метаболизме аминокислот. Шестой столбец содержит концентрацию гомоцистеина в крови, измеряемую в мкмоль/л-аминокислоты, связанной с риском сердечно-сосудистых заболеваний. Такой набор данных особенно ценен для построения и тестирования моделей машинного обучения, направленных на прогнозирование риска ССЗ на основе биомаркеров и демографических характеристик. Анализ этих показателей позволяет выявлять пациентов с повышенным риском на ранних стадиях и сосредоточить усилия на профилактике заболеваний. Для создания предиктивных моделей сердечно-сосудистых заболеваний важно определить пороговые значения ключевых биомаркеров. В данной работе использовались следующие границы: ферритин выше 100 нг/мл, гомоцистеин выше 15 мкмоль/л, AST выше 50 Ед/л, холестерин выше 8 ммоль/л и глюкоза выше 7 ммоль/л. Эти пороговые значения были выбраны на основе научной литературы и клинических рекомендаций, указывающих на повышенный риск ССЗ. Превышение этих порогов позволяет классифицировать пациентов по бинарной системе: «0»-низкий риск, «1»- высокий риск.

Такой подход упрощает анализ данных и повышает его практическую ценность в клинической практике. Бинаризация показателей позволяет применять различные статистические и алгоритмические методы для выявления значимых факторов риска и построения прогнозных моделей. К таким методам относятся логистическая регрессия, деревья решений и ансамблевые алгоритмы, которые обеспечивают точность классификации и дают возможность оценить вклад каждого биомаркера в общий риск заболевания. Настройка порогов с учётом реальных данных пациентов помогает улучшить модели прогнозирования, делая их более чувствительными к ранним признакам патологии. Это особенно важно для персонализированной медицины, когда индивидуальные особенности пациента могут влиять на риск и требовать корректировки стандартных порогов. Таким образом, использование установленных пороговых значений в моделях машинного обучения является

ключевым этапом на пути к более точной и персонализированной диагностике сердечно-сосудистых заболеваний.

Корреляционный анализ (рисунок 3) представляет собой основной статистический метод, позволяющий оценить степень и характер взаимозависимости между разными переменными. При исследовании факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний особое внимание уделяется выявлению связей между биохимическими показателями и состоянием здоровья. В этом исследовании рассматриваются такие показатели, как возраст, уровень холестерина, ферритин, AST, гомоцистеин, а также целевая переменная, отражающая вероятность наличия сердечно-сосудистого риска.

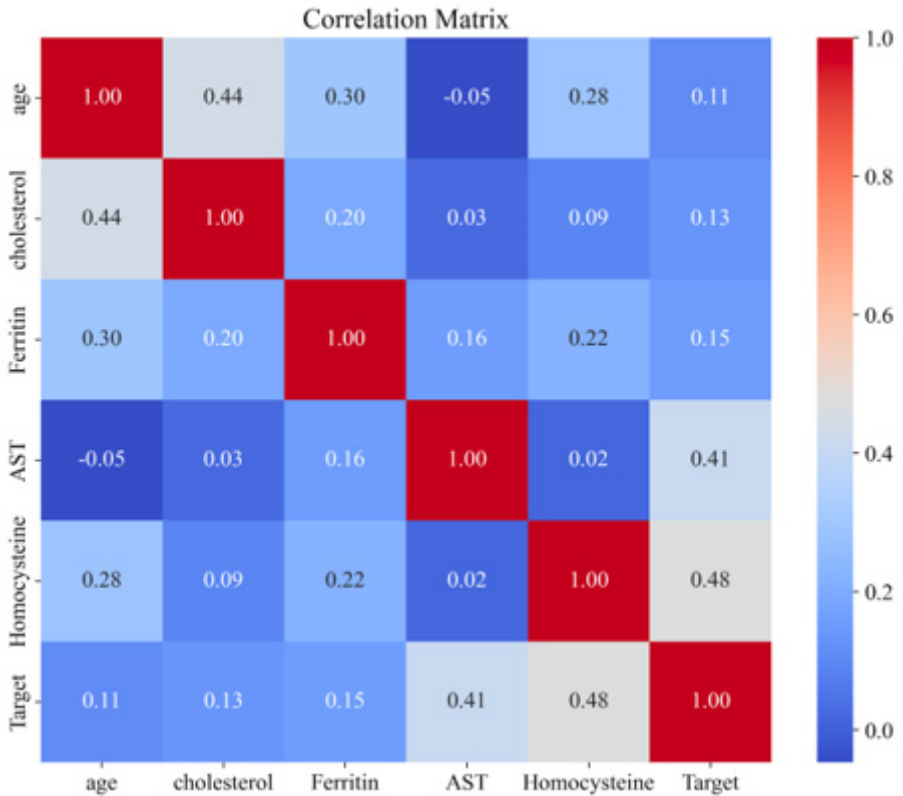


Рис. 3. Корреляционный анализ биохимических показателей

Сильная положительная связь между уровнем гомоцистеина и целевой переменной (0,48) указывает на возможное прямое влияние концентрации гомоцистеина на риск сердечно-сосудистых нарушений. Высокие значения этой аминокислоты ассоциируются с повреждением сосудистых стенок и могут способствовать формированию атеросклероза. Также важной является положительная корреляция между AST и целевой переменной (0,41). AST-это фермент, присутствующий внутри клеток, но его повышение в крови может указывать на гибель клеток, что может свидетельствовать о повреждении сердечной мышцы или печени. Умеренные корреляции между ферритином и целевой переменной (0,15), а также между холестерином и целевой

переменной (0,13) показывают возможную связь этих биомаркеров с вероятностью развития сердечно-сосудистых заболеваний. При этом высокий уровень ферритина, хотя и связан с риском, не является самостоятельным предиктором и, скорее всего, отражает общий воспалительный процесс в организме. Влияние холестерина на сердечно-сосудистую систему подтверждается его корреляцией, однако невысокий коэффициент говорит о том, что важно учитывать не только общий уровень холестерина, но и соотношение его фракций. Низкая корреляция между возрастом и целевой переменной (0,11) может быть объяснена множеством биологических и социальных факторов, влияющих на здоровье человека. Низкие и умеренные коэффициенты корреляции между ферритином и AST (0,16), а также между ферритином и холестерином (0,20) подчеркивают сложность взаимодействий в биологических процессах, участвующих в развитии сердечно-сосудистых заболеваний. Проведение корреляционного анализа позволяет выявлять потенциальные биомаркеры, которые могут быть использованы для дальнейших исследований и клинической практики. Следует помнить, что корреляция не доказывает наличие причинно-следственной связи. Для подтверждения этих зависимостей необходимы дополнительные исследования, включая проспективные наблюдения и клинические испытания. В целом, проведенный анализ помогает лучше понять механизмы развития сердечно-сосудистых заболеваний и может быть полезен для разработки персонализированных стратегий их профилактики и лечения.

На рисунке 4 показано изменение среднеквадратичной ошибки (RMSE) модели XGBoost в процессе обучения по эпохам для обучающей (сплошная линия) и тестовой (пунктирная линия) выборок. RMSE является ключевым показателем, который отражает среднее отклонение предсказанных значений от реальных. Снижение RMSE в ходе обучения демонстрирует повышение точности и качества работы модели.

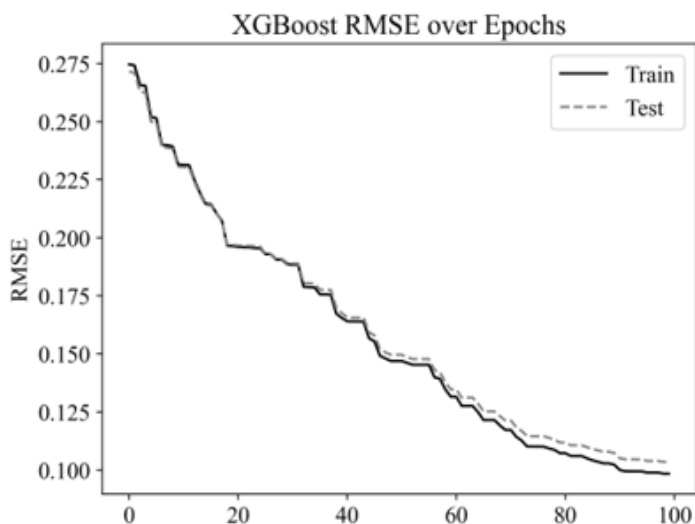


Рис. 4. Динамика изменений среднеквадратичной ошибки (RMSE) модели XGBoost

График кривой обучения демонстрирует последовательное и стабильное уменьшение показателя RMSE как на обучающей, так и на тестовой выборках, что свидетельствует о хорошей способности модели к обучению и обобщению данных. На начальном этапе наблюдается резкое снижение RMSE, объясняемое активной подстройкой модели под структуру предоставленных данных. По мере прогресса обучения кривые постепенно сходятся, что указывает на стабилизацию процесса и достижение оптимального баланса между смещением и разбросом ошибок. Метрики оценки модели подтверждают её высокую точность и прогностическую надёжность. Значение среднеквадратичной ошибки (MSE) составляет 0,0107, что говорит о минимальных отклонениях предсказанных значений от фактических данных. Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) равен 0,865, что подтверждает способность модели корректно описывать зависимости в данных и её высокую предсказательную эффективность. Средняя абсолютная ошибка (MAE), равная 0,0474, отражает небольшие средние расхождения между прогнозами и реальными показателями, демонстрируя стабильность работы модели. Критерии информационной оценки, такие как AIC (2,7625) и BIC (36,347), учитывают не только точность подгонки модели, но и количество параметров, что предотвращает излишнюю сложность модели. Низкие значения этих критериев указывают на успешное сочетание точности прогнозов и умеренной сложности модели. Результаты тренировки XGBoost свидетельствуют о её высокой эффективности и способности обеспечивать надёжные прогнозы, что подтверждается уменьшением RMSE, высокими значениями  $R^2$  и низкими ошибками. Данный алгоритм является мощным инструментом для решения задач регрессии, особенно при работе с крупными и комплексными наборами данных. Применение модели актуально в различных областях, где важна точность прогнозирования количественных показателей, включая экономику, финансы и науки о природе. На Рисунке 5 представлена динамика функции потерь (Loss) для сверточной нейронной сети Vanilla CNN по эпохам обучения на обучающей (сплошная линия) и валидационной (пунктирная линия) выборках. График демонстрирует снижение функции потерь на обучающей выборке и последующую стабилизацию на валидационной, что отражает корректное обучение модели и достижение её оптимального состояния.

График кривой обучения показывает, что изначально функция потерь имеет высокое значение, которое быстро уменьшается, особенно на первых этапах обучения, что свидетельствует о том, что модель эффективно извлекает ключевые признаки из данных и приспособляется к поставленной задаче. После первоначального снижения кривая потерь на проверочном наборе данных начинает колебаться и перестаёт снижаться, что может указывать на начало переобучения. При этом потери на обучающем наборе продолжают уменьшаться, а на проверочном они стабилизируются или даже слегка повышаются, показывая разрыв в результатах между тренировочной и валидационной выборками. Среднеквадратическая ошибка (MSE) модели Vanilla CNN составляет 0,45, что выше допустимых значений для корректной регрессионной модели, указывая на значительные отклонения прогнозов от реальных данных и низкую точность. Коэффициент детерминации  $R^2$  равен -0,875, что отражает крайне не-

удовлетворительную работу модели и свидетельствует о том, что она работает хуже базовой модели, использующей среднее значение целевой переменной. Такая ситуация может быть связана с недостатками архитектуры сети или качеством исходных данных. Значения критериев информационной оценки AIC и BIC составляют 1562,0 и 2342,65 соответственно, что также подтверждает наличие переобучения или некорректной настройки модели. Несмотря на первоначальное снижение потерь на обучающем наборе, Vanilla CNN испытывает трудности с обобщением результатов на новые данные, что отражается в высоких показателях ошибок на проверочном наборе и отрицательном значении  $R^2$ . Для улучшения модели рекомендуется провести дополнительный анализ данных, изменить архитектуру сети, увеличить объём обучающей выборки или применить методы регуляризации, чтобы снизить переобучение и повысить точность прогнозов на новых данных.

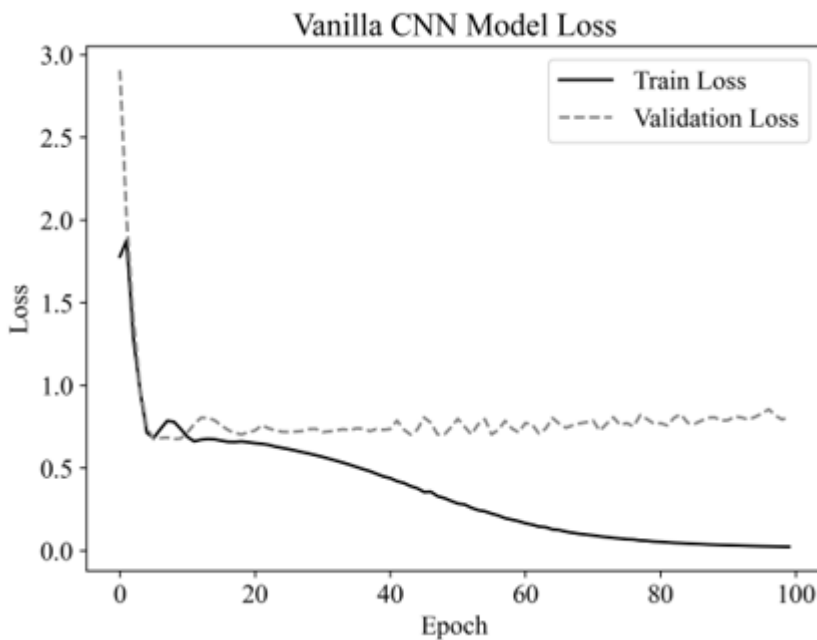


Рис. 5. Динамика функции потерь (Loss) модели сверточной нейронной сети (Vanilla CNN)

Сравнение с моделью XGBoost показывает значительные различия в эффективности. Для XGBoost среднеквадратическая ошибка (MSE) составляет всего 0,0107, что свидетельствует о крайне низкой ошибке предсказаний. Коэффициент детерминации  $R^2$  равен 0,865, демонстрируя высокую точность модели и способность объяснять 86,5% вариации целевой переменной. Значения критериев AIC и BIC для XGBoost значительно ниже, чем у Vanilla CNN, что указывает на оптимальный баланс между сложностью модели и качеством её подгонки. В то же время Vanilla CNN показывает гораздо худшие результаты: MSE равна 0,45, а  $R^2$  -0,875, что отражает крайне низкую точность прогнозов и неспособность модели даже достигнуть уровня базовой модели с предсказанием среднего значения. Высокие

показатели AIC и BIC подтверждают переобучение и неправильную спецификацию модели. В итоге XGBoost демонстрирует более высокую точность и способность к обобщению, что делает её эффективным инструментом для решения регрессионных задач на больших и сложных наборах данных, в то время как Vanilla CNN страдает от переобучения и низкой адаптивности к новым данным, что проявляется в высоких потерях на проверочном наборе и отрицательном значении  $R^2$ .

### **Заключение.**

В заключение, оценка факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний с помощью методов машинного обучения играет ключевую роль в подборе оптимальных алгоритмов и параметров для обеспечения точных прогнозов. Сравнение моделей eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) и сверточной нейронной сети (CNN) показало явные преимущества XGBoost при работе с табличными данными, включающими биомаркеры и демографические показатели. Эта модель демонстрирует высокую точность благодаря способности корректно моделировать сложные нелинейные взаимосвязи и устойчивости к разреженным данным. В то же время, CNN, хотя и обладает потенциалом для анализа пространственно-зависимых данных, проявила признаки переобучения и низкую точность при классификации биомаркеров. Это подчеркивает необходимость доработки архитектуры и алгоритмов обучения, а также применения методов регуляризации и увеличения объема обучающих данных.

Применение показателей MSE, коэффициента детерминации ( $R^2$ ), критерия Акаике (AIC) и Байесовского критерия информации (BIC) позволило провести детальный сравнительный анализ моделей, выявив их сильные и слабые стороны. Модель XGBoost продемонстрировала надежность и высокую способность к предсказанию, эффективно балансируя смещение и разброс данных, в то время как CNN нуждается в дополнительной настройке параметров для повышения качества прогнозов. Полученные результаты подчеркивают, что правильный выбор архитектуры модели и оптимизация параметров обучения имеют критическое значение для прогнозирования риска сердечно-сосудистых заболеваний. В дальнейшем исследования должны сосредоточиться на развитии персонализированной медицины, совершенствовании моделей для точного выявления факторов риска и формировании стратегий ранней диагностики и профилактики ССЗ.

### **REFERENCES**

- Deng Y., Zhang X., Shen H., He Q., Wu Z., Liao W., Yuan M. (2020). Application of the nano-drug delivery system in treatment of cardiovascular diseases // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. — Vol. 7. — Article 489. DOI: 10.3389/fbioe.2019.00489.
- Fitriyani N.L., Syafrudin M., Alfian G., Rhee J. (2020). HDPM: An effective heart disease prediction model for a clinical decision support system // *IEEE Access*. — Vol. 8. — Pp. 133034–133050. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3010411.
- Hu J., Fitzgerald S.M., Owen A.J., Ryan J., Joyce J., Chowdhury E. et al. (2021). Social isolation, social support, loneliness and cardiovascular disease risk factors // *International Journal of Geriatric Psychiatry*. — Vol. 36. — No. 11. Pp. 1795–1809. DOI: 10.1002/gps.5583.
- O’Kelly A.C., Michos E.D., Shufelt C.L., Vermunt J.V., Minissian M.B., Quesada O. et al. (2022). Pregnancy and reproductive risk factors for cardiovascular disease in women // *Circulation Research*. — Vol. 130. — No. 4. Pp. 652–672. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.121.319781.
- Silveira Rossi J.L., Barbalho S.M., Reverete de Araujo R., Bechara M.D., Sloan K.P., Sloan L.A. (2022). Metabolic syndrome and cardiovascular diseases: Going beyond traditional risk factors // *Diabetes/Metabolism Research*



and Reviews. — Vol. 38. — No. 3. Article e3502. DOI: 10.1002/dmrr.3502.

Shaito A., Thuan D.T.B., Phu H.T., Nguyen T.H.D., Hasan H., Halabi S. et al. (2020). Herbal medicine for cardiovascular diseases: Efficacy, mechanisms, and safety // *Frontiers in Pharmacology*. — Vol. 11. — Article 509974. DOI: 10.3389/fphar.2020.509974.

Swathy M., Saruladha K. (2022). A comparative study of classification and prediction of cardiovascular diseases using machine learning and deep learning techniques // *ICT Express*. — Vol. 8. — No. 1. Pp. 109–116. DOI: 10.1016/j.icte.2021.10.004.

Subramani S., Varshney N., Anand M.V., Soudagar M.E.M., Al-Keridis L.A., Upadhyay T.K. et al. (2023). Cardiovascular diseases prediction by machine learning incorporation with deep learning // *Frontiers in Medicine*. — Vol. 10. — Article 1150933. DOI: 10.3389/fmed.2023.1150933.

Ramesh T.R., Lilhore U.K., Poongodi M., Simaiya S., Kaur A., Hamdi M. (2022). Predictive analysis of heart diseases with machine learning approaches // *Malaysian Journal of Computer Science*. — Vol. 35. — No. 2. Pp. 132–148. DOI: 10.22452/mjcs.vol35no2.2.

Taylan O., Alkabaa A.S., Alqabbaa H.S., Pamukçu E., Leiva V. (2023). Early prediction in classification of cardiovascular diseases with machine learning, neuro-fuzzy and statistical methods // *Biology*. — Vol. 12. — No. 1. Article 117. DOI: 10.3390/biology12010117.



**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).