

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### MANAGING EDITOR

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

---

International Journal of Information and Communication Technologies

Periodicity: 4 times a year.

Languages: Kazakh, Russian, English

DOI prefix: 10.54309

ISSN 2708-2032 (print)

ISSN 2708-2040 (online)

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

Distribution: Materials are distributed under the Creative Commons Attribution 4.0

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

Owner: International Information Technology University JSC (Almaty).

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

---

РЕДАКЦИЯ

**БАС РЕДАКТОР:**

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

**БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:**

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

**РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:**

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

**ЖАУАПТЫ РЕДАКТОР:**

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

Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Префикс DOI: 10.54309

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Басылым тілі: қазақ, орыс, ағылшын.

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

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

Тарату: материалдар Creative Commons Attribution 4.0 лицензиясы бойынша таратылады

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

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

РЕДАКЦИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**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)

**Алимурабаев 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 COMMUNICATIONTECHNOLOGIES

**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> МӘЛІМЕТТЕРДІ 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. МаксUTOBA, 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 ЭКСТРЕМИСТІК 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, P. 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



**INFORMATION SECURITY AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES**  
**АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ**  
**ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН**  
**ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ**  
**ТЕХНОЛОГИИ**

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 7. Is.2. Number 26 (2026). Pp. 227–241

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

<https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.015>

**MACHINE LEARNING ALGORITHM FOR EARLY DETECTION OF AUTISM**  
**SPECTRUM DISORDERS IN CHILDREN BASED ON MULTIMODAL ANALYSIS**  
**OF EYE MOVEMENTS AND FACIAL EXPRESSIONS**

*A. Amirbay<sup>1</sup>, Z. Amanbaikyzy<sup>2\*</sup>, K. Maxutova<sup>1</sup>, A. Mukhanova<sup>1</sup>, M. Kassim<sup>3</sup>*

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

<sup>2</sup>Esil University, Astana, Kazakhstan;

<sup>3</sup>University Technology MARA, Selangor, Malaysia.

E-mail: [amirbay.aiz@gmail.com](mailto:amirbay.aiz@gmail.com)

**Aizat Amirbay** — doctoral student, Department of Information system, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<https://orcid.org/0009-0003-0115-0166>;

**Zulfiya Amanbaikyzy** — Lecturer of the Department of Information systems and Technology University, Astana, Kazakhstan

E-mail: [z.amanbaikyzy@gmail.com](mailto:z.amanbaikyzy@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-6688-9920>;

**Kundyz Maxutova** — PhD, Department of Artificial Intelligence Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-3216-0397>;

**Ayagoz Mukhanova** — PhD, associate professor, L.N. Gumilyov, Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0003-3987-0938>;

**Murizah Kassim** — PhD, associate professor, University Technology MARA, Selangor, Malaysia

<https://orcid.org/0000-0002-8494-4783>.

© A.Amirbay, Z. Amanbaikyzy, K. Maxutova, A.Mukhanova, M. Kassim

**Abstract.** This paper presents an algorithm for extracting and analyzing informative multimodal features of oculomotor activity and facial expressions for the early detection of autism spectrum disorders (ASD). The proposed approach integrates eye-tracking and



computer vision technologies to capture synchronized behavioral signals within a standardized experimental protocol based on segmented scenarios (F1-F6). A multimodal dataset consisting of temporal signals and aggregated features was constructed to represent visual attention, gaze-object interaction, and facial expression dynamics. The extracted features are transformed into a structured feature space and used to solve a binary classification problem distinguishing ASD and typically developing (TD) children using machine learning methods. Experimental results demonstrate that the integration of multimodal features significantly improves classification performance. Logistic regression achieved the best results (ROC-AUC = 0.976, PR-AUC = 0.978), outperforming SVC\_RBF and Random Forest models. The obtained results confirm that multimodal behavioral features provide a reliable and interpretable representation of ASD-related patterns. The proposed method can serve as a foundation for intelligent decision support systems for the early diagnosis of ASD.

**Keywords:** autism spectrum disorders, multimodal analysis, feature extraction, eye movements, facial extraction, machine learning, classification

**For citation:** A. Amirbay, Z. Amanbaikyzy, K. Maxutova, A. Mukhanova, M. Kassim (2026). Machine learning algorithm for early detection of autism spectrum disorders in children based on multimodal analysis of eye movements and facial expressions // International journal of information and communication technologies. Vol. 7. No. 26. Pp. 227–241. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.015>. (In Eng.).

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

**Acknowledgment:** *This research is funded by the Science Committee of Minister of Science and Higher education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP26105045 “Development of artificial intelligence models and algorithms for analyzing social signals in children with autism”).*

## КӨЗ ҚОЗҒАЛЫСТАРЫ МЕН БЕТ МИМИКА БЕЛГІЛЕРІН МУЛЬТИМОДАЛЬДЫ ТАЛДАУҒА НЕГІЗДЕЛГЕН БАЛАЛАРДАҒЫ АУТИЗМ СПЕКТРІНІҢ БҰЗЫЛЫСТАРЫН ЕРТЕ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМІ

*А. Амирбай<sup>1</sup>, З. Аманбайқызы<sup>2\*</sup>, К. Максұтова<sup>1</sup>, А. Муханова<sup>1</sup>, М. Kassim<sup>3</sup>*

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

<sup>2</sup>Esil University, Астана, Қазақстан;

<sup>3</sup>MARA технологиялық университеті, Селангор, Малайзия.

E-mail: amirbay.aiz@gmail.com

**Айзат Амирбай** — Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Ақпараттық жүйелер кафедрасының докторанты, Астана, Қазақстан  
<https://orcid.org/0009-0003-0115-0166>;

**Аманбайқызы Зульфия** — Ақпараттық жүйелер және технологиялар кафедрасының лекторы, Esil University, Астана, Қазақстан



E-mail: z.amanbaikyzy@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6688-9920>;

**Кундыз Максұтова** — Жасанды интеллект технологиялары кафедрасының PhD докторы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. Астана, Қазақстан <https://orcid.org/0000-0002-3216-0397>

**Аяғоз Муханова** — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Ақпараттық жүйелер кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD, Астана, Қазақстан <https://orcid.org/0000-0003-3987-0938>;

**Murizah Kassim** — MARA технологиялық университеті, қауымдастырылған профессор, PhD, Селангор, Малайзия <https://orcid.org/0000-0002-8494-4783>.

© А. Амирбай, З. Аманбайқызы К. Максұтова, А. Муханова, М. Kassim

**Аннотация.** Аутизм спектрінің бұзылыстарын (АСБ) ерте анықтау үшін көз қозғалысы мен бет мимикасының ақпараттық белгілерін алу және мультимодальды талдау алгоритмі ұсынылған. Ұсынылған әдіс сегменттелген сценарийлерге (F1–F6) негізделген стандартталған эксперименттік хаттама шеңберінде синхрондалған мінез-құлық сигналдарын тіркеу үшін көз қозғалысын бақылау (eye-tracking) және компьютерлік көру технологияларын біріктіреді. Көру зейінін, «көзқарас–объект» өзара әрекеттесуін және бет мимикасының динамикасын сипаттайтын уақыттық сигналдар мен агрегатталған белгілерден тұратын мультимодальды деректер жиынтығы қалыптастырылды. Алынған белгілер құрылымдалған белгілер кеңістігіне түрлендіріліп, машиналық оқыту әдістерін қолдану арқылы АСБ бар балалар мен қалыпты дамып келе жатқан (ҚД) балаларды ажыратуға арналған екілік жіктеу есебін шешуге пайдаланылды. Эксперименттік нәтижелер мультимодальды белгілерді біріктіру жіктеу сапасын едәуір арттыратынын көрсетті. Логистикалық регрессия моделі ең жоғары нәтижелерді көрсетті (ROC-AUC = 0.976, PR-AUC = 0.978), бұл SVC\_RBF және кездейсоқ орман (Random Forest) модельдерінен жоғары. Алынған нәтижелер мультимодальды мінез-құлық белгілерінің АСБ-ға тән үлгілерді сенімді әрі интерпретацияланатын түрде сипаттайтынын дәлелдейді. Ұсынылған әдіс АСБ ерте диагностикалау үшін интеллектуалды шешім қабылдауды қолдау жүйелерін құруға негіз бола алады.

**Түйінді сөздер:** аутизм спектрінің бұзылыстары, мультимодальды талдау, белгілерді шығару, көз қозғалыстары, айтрекинг, бет мимикасы, машиналық оқыту, жіктеу

**Дәйексөздер үшін:** А. Амирбай, З. Аманбайқызы, К. Максұтова, А. Муханова, М. Kassim (2026). Алгоритм машинного обучения для раннего выявления расстройств аутистического спектра у детей на основе мультимодального анализа данных движения глаз и мимических сигналов // Халықаралық ақпараттық және коммуникалық технологиялар журналы. Т. 7. No. 26. Б. 227–241. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.015>. (Ағыл. тіл.).

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

*Алғыс: Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырады (Грант № AP26105045 «Аутизмді бар балалардағы әлеуметтік сигналдарды талдауға арналған жасанды интеллект модельдері мен алгоритмдерін әзірлеу»).*

## АЛГОРИТМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ РАССТРОЙСТВ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА У ДЕТЕЙ НА ОСНОВЕ МУЛЬТМОДАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ И МИМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

*А. Амирбай<sup>1</sup>, З. Аманбайқызы<sup>2\*</sup>, К. Максұтова<sup>1</sup>, А. Муханова<sup>1</sup>, М. Kassim<sup>3</sup>*

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

<sup>2</sup>Esil University, Астана, Казахстан;

<sup>3</sup>Технологический университет MARA, Селангор, Малайзия.

E-mail: amirbay.aiz@gmail.com

**Айзат Амирбай** — докторант кафедры информационных систем, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан;

<https://orcid.org/0009-0003-0115-0166>;

**Зульфия Аманбайқызы** — Лектор кафедры информационных систем и технологии, Esil University. Астана, Казахстан;

E-mail: z.amanbaikyzy@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6688-9920>;

**Кундыз Максұтова** — PhD доктор кафедры «Технологии искусственного интеллекта», Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва, Астана, Казахстан;

<https://orcid.org/0000-0002-3216-0397>;

**Аяғоз Муханова** — PhD, ассоциированный профессор кафедры информационных систем, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан;

<https://orcid.org/0000-0003-3987-0938>;

**Murizah Kassim** — PhD, ассоциированный профессор, Технологический университет MARA, Селангор, Малайзия;

<https://orcid.org/0000-0002-8494-4783>.

© А. Амирбай, З. Аманбайқызы К. Максұтова, А. Муханова, М. Kassim

**Аннотация.** В данном исследовании разработан алгоритм для извлечения и мультимодального анализа информативных признаков из движений глаз и мимики для ранней диагностики РАС. Алгоритм основан на сочетании методов отслеживания движений глаз и компьютерного зрения для синхронного измерения поведенческих сигналов в ходе экспериментального протокола, включающего различные сценарии (F1-F6). Для создания мультимодального набора данных мы объединяем данные временных рядов и агрегируем признаки, описывающие визуальное внима-

ние, взаимодействие взгляда с объектом и динамику мимики. Извлеченные признаки проецируются в пространство признаков и используются для решения задачи бинарной классификации с целью различения детей с РАС и типичным развитием. Наши эксперименты показывают, что сочетание мультимодальных признаков значительно повышает точность классификации. Модель логистической регрессии демонстрирует наилучшую точность классификации (ROC-AUC = 0,976, PR-AUC = 0,978), превосходя модель SVC с ядром RBF и модель случайного леса. Таким образом, мультимодальные поведенческие признаки формируют мощное представление паттернов РАС. Предложенный алгоритм может быть использован в качестве основы для создания интеллектуальной системы диагностики расстройств РАС.

**Ключевые слова:** расстройства аутистического спектра, мультимодальный анализ, извлечение признаков, отслеживание движений глаз, машинное обучение, классификация

**Для цитирования:** А. Амирбай, З. Аманбайкызы, К. МаксUTOва, А. Муханова, М. Kassim (2026). Алгоритм машинного обучения для раннего выявления расстройств аутистического спектра у детей на основе мультимодального анализа данных движения глаз и мимических сигналов // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. Т. 7. No. 26. Стр. 227–241. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2026.26.2.015>. (На англ.).

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

**Благодарность:** Данное исследование было профинансировано Научным комитетом Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP26105045 «Разработка моделей и алгоритмов искусственного интеллекта для анализа социальных сигналов у детей с аутизмом»).

## Introduction.

Autism spectrum disorders (ASD) refers to complex neurodevelopmental diseases associated with impaired social communication, limited interests, and repetitive behaviors (American Psychiatric Association, 2022). Early identification of ASD is critically important because timely intervention programs can substantially improve cognitive, communicative, and social development outcomes in children (Lord et al., 2020). However, conventional ASD diagnostic procedures remain highly dependent on clinical observations, behavioral assessments, and standardized questionnaires, which are often subjective, time-consuming, and require extensive involvement of experienced specialists (Daniels & Mandell, 2020). These limitations have stimulated growing interest in the development of objective computer-aided diagnostic approaches based on artificial intelligence (AI) and machine learning technologies (Joudar et al., 2023; Rasool et al., 2026). Recent advances in medical AI systems have demonstrated the potential of deep learning methods for automated behavioral analysis in neurodevelopmental disorders. In particular, convolutional neural networks (CNNs), recurrent neural networks (LSTM, BiLSTM), transformer-based architectures, and multimodal fusion models have shown promising performance in analyzing complex behavioral and physiological signals related

to ASD (Zhang et al., 2023; *Frontiers in Neuroscience*, 2023). Modern AI-driven ASD screening systems increasingly integrate heterogeneous modalities, including eye-tracking signals, facial expressions, speech characteristics, motion trajectories, and EEG activity, to improve diagnostic robustness and sensitivity (Maragathavalli & Samarla, 2023; *Scientific Reports*, 2025). Furthermore, explainable and interpretable AI frameworks have become particularly important in medical decision-support systems, where transparency and clinical reliability are essential requirements for practical implementation.

Among behavioral biomarkers, oculomotor activity represents one of the most informative indicators of social attention and visual perception abnormalities associated with ASD. Eye-tracking studies demonstrate that children with ASD frequently exhibit atypical gaze fixation patterns, reduced attention to socially relevant stimuli, abnormal gaze transitions, and impaired visual engagement compared with typically developing (TD) children (Falk-Ytter et al., 2020; Shi et al., 2022). Several recent deep learning approaches have achieved encouraging results using gaze trajectory analysis and visual attention modeling for ASD screening tasks (Frazier et al., 2021; Zhang et al., 2023). Nevertheless, many existing eye-tracking studies are based on unimodal analysis and therefore provide only partial representations of complex ASD-related behavioral patterns. Facial expression analysis constitutes another important research direction in ASD detection. Computer vision and deep learning technologies enable automatic extraction of facial landmarks, action units, emotional dynamics, and micro-expression patterns associated with social responsiveness and affective behavior (Hasani et al., 2020; Kollias & Zafeiriou, 2021). Recent studies reported that children with ASD often demonstrate atypical emotional reactions, reduced facial expressiveness, and inconsistent synchronization between facial activity and external stimuli (Guo et al., 2021). Although deep learning methods significantly improved facial behavior recognition accuracy, many existing approaches remain sensitive to illumination conditions, head movements, occlusions, and dataset variability, which limits their robustness in real-world clinical environments.

To overcome the limitations of unimodal analysis, recent studies increasingly focus on multimodal ASD detection frameworks combining several behavioral channels simultaneously (Duan et al., 2022; Li et al., 2022). Multimodal fusion approaches allow more comprehensive modeling of cognitive, emotional, and social characteristics by integrating complementary information from gaze behavior, facial activity, motion dynamics, and physiological signals. Several studies demonstrated that multimodal deep learning architectures outperform single-modality systems in ASD classification tasks (Zhang et al., 2023; Rasool et al., 2026). However, despite promising results, existing multimodal systems still face several important challenges. First, many deep learning approaches require large-scale annotated datasets, which are difficult to obtain in pediatric clinical settings. Second, numerous studies prioritize classification accuracy while providing limited interpretability of extracted behavioral features, reducing their applicability in real clinical decision-support scenarios. Third, many existing systems lack standardized experimental protocols, making behavioral responses difficult to compare across subjects and reducing reproducibility. In addition, several ASD screening studies

focus primarily on model performance metrics without sufficiently analyzing the diagnostic significance of multimodal behavioral biomarkers. These limitations indicate the necessity of developing interpretable multimodal AI systems capable of integrating synchronized behavioral signals within controlled and reproducible experimental environments. Therefore, this study proposes a machine learning algorithm for extracting and analyzing informative multimodal features derived from eye movements and facial expressions for the early detection of ASD. The proposed approach integrates eye-tracking and computer vision technologies within a standardized segmented experimental protocol (F1–F6), enabling contextualized analysis of behavioral responses under different cognitive and social conditions. The main contribution of this work lies in the construction of a structured multimodal feature space combining oculomotor and facial characteristics, as well as in the development of an interpretable machine learning framework for ASD classification based on synchronized behavioral signals.

### Materials and methods.

This study proposes an algorithm for extracting and analyzing multimodal features of oculomotor activity and facial expressions for the early detection of autism spectrum disorders. The proposed approach integrates eye tracking and computer vision technologies, enabling the acquisition and analysis of synchronized behavioral signals in a controlled experimental environment. The architecture of the algorithmic pipeline implementing data collection, preprocessing, feature extraction and classification is shown in Figure 1.



Fig. 1. Architecture of the algorithm for collecting, processing, and analyzing multimodal data

As shown in Figure 1, the proposed approach is implemented as a sequential process, including data recording, structuring, forming a feature space, and constructing a classification model. This approach ensures continuous data processing and reproducible results. Multimodal behavioral signals obtained during a specially developed, standardized experimental protocol are used as input data. The protocol includes six functional segments (F1–F6), each corresponding to a specific type of cognitive or social activity, including object observation, name recognition, stimulus tracking, interaction, and emotional response. The introduction of a segmented structure allows for consideration of the child’s behavioral context and analysis of responses in reproducible scenarios. During the experiment, several types of signals are synchronously recorded, including gaze coordinates, interaction parameters with visual objects, head orientation, and facial expressions. The experimental dataset consisted of 99 multimodal recording sessions corresponding to 99 individual participants. The dataset included 53 sessions from children diagnosed with ASD and 46 sessions TD children, resulting in a near-balanced class distribution (ASD ratio = 0.525). The participants belonged to early 2-5 age groups typically associated with early ASD screening and behavioral assessment. In total, 224 multimodal features were extracted from synchronized behavioral and physiological signals, including gaze trajectories, gaze-object interaction metrics, head orientation parameters, facial action units, emotional indicators, and facial landmark dynamics. The multimodal recordings were collected using a standardized experimental protocol consisting of six functional segments (F1–F6), each designed to evaluate specific aspects of social attention, orientational responses, visual tracking, emotional behavior, and interaction activity. Eye movement data were recorded using the Tobii Dynavox PC5 EyeTracker, while facial expressions, head pose parameters, and facial landmarks were extracted using computer vision and facial analysis algorithms.

To improve reproducibility and prevent participant-level data leakage, each recording session was stored independently with separate raw signals, aggregated features, and metadata. The synchronized multimodal acquisition included gaze coordinates, object trajectories, facial activity, head movements, emotional indicators, and event timestamps collected within unified temporal intervals. This experimental design enables reliable comparison of behavioral patterns between ASD and TD groups and supports robust machine learning analysis. The data are generated as time series reflecting behavioral dynamics over time, as well as aggregated representations used for subsequent analysis. Each observation session is formalized as follows (1):

$$S_i = (Y_i, X_i, c_i) \quad (1)$$

where  $Y_i$  - is a set of synchronized time series,  $X_i \in \mathbb{R}^p$  - is a feature vector,  $c_i$  - is a class label (ASD or TD). The transition from raw signals to feature space is accomplished through the mapping (2):

$$\phi(Y_i) = X_i \quad (2)$$

where  $\phi$  is a multimodal feature extraction algorithm. The algorithm includes preprocessing, segmentation, and feature extraction steps. The preprocessing step filters out noise, removes invalid observations, and synchronizes data from different modalities. The time series are then segmented according to the experimental protocol steps, allowing for the context of behavioral activity to be taken into account.

Gaze feature extraction involves calculating the distance between the gaze direction and the object, fixation and saccade parameters, and characteristics of interactions with areas of interest (AOIs), including hit counts, hold durations, and reaction times. Facial features are generated based on facial geometry analysis and include indicators of facial unit activity, smile probability, and facial landmark variability.

The algorithm consists of several stages, including preprocessing, segmentation, and feature extraction. The preprocessing stage includes noise filtering, removing invalid observations, and synchronizing signals from different modalities. Min-Max normalization is used to ensure consistency between samples (3):

$$Z = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (3)$$

After preprocessing, time series are segmented according to the steps of a standardized experimental protocol, allowing for contextual information about the child's behavioral responses in various cognitive and social conditions to be taken into account.

Feature extraction is performed separately for different modalities. Oculomotor features include the distance between the gaze direction and the visual object, fixation duration, saccadic movements, and characteristics of interactions with regions of interest (AOIs), such as hit counts, dwell times, and response latencies. These parameters describe the distribution and stability of visual attention. Facial features are extracted based on facial landmark analysis and include action units (e.g., AU6, AU12), smile probability, and facial geometry variability. These features reflect emotional and expressive aspects of behavior. The extracted features are aggregated using statistical metrics, including mean, variance, minimum, and maximum values, resulting in a compact and interpretable feature representation. Formally, the feature extraction process can be expressed as mapping a multimodal time series  $Y_i$  to a feature vector  $X_i$ , which combines information from all modalities.

Early detection of ASD is formulated as a binary classification problem. Logistic regression is chosen as the classification model due to its interpretability and ability to produce probabilistic results, which is particularly important in diagnostic applications. The probability of belonging to the ASD class is defined as follows (4):

$$\hat{p}_i = \frac{1}{1 + \exp(-(w^T z_i + b))} \quad (4)$$

where  $s$  is the probability that the  $i$ -th session belongs to the ASD class,  $z_i$  is the multimodal feature vector, and  $w$  and  $b$  are the model parameters. The function transforms the linear combination of features into a probabilistic estimate. The model is trained on a labeled dataset formed from multimodal features extracted from experimental sessions using participant-level separation and out-of-fold validation to improve generalization and prevent overfitting. The model is trained on a labeled dataset formed from multimodal features extracted from experimental sessions. To assess the model's generalization ability, the data is divided into training and test sets, eliminating overlap across participants. The proposed method provides a systematic transition from raw multimodal signals to a structured feature representation suitable for machine learning tasks, while preserving contextual information about the child's behavior.

### Results and discussion.

This section presents the results of applying the proposed multimodal feature extraction algorithm to the early diagnosis of ASD. The analysis focuses on identifying behavioral differences between children with ASD and children with typical development based on oculomotor activity and facial expression data. Analysis of oculomotor activity revealed significant differences between children with ASD and children with typical development. As shown in Figure 2, children with typical development demonstrate directed and stable gaze movements corresponding to the position of the visual stimulus, while children with ASD demonstrate increased variability and decreased attentional focus.

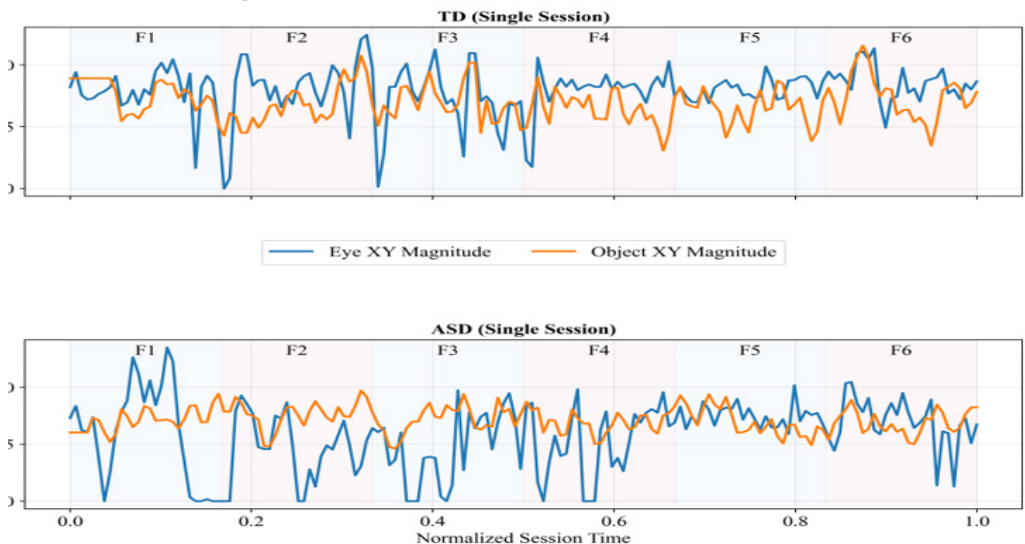


Fig. 2. Comparison of gaze trajectories in children with TD and ASD

Figure 2 demonstrates time series analysis of eye-tracking data, namely, eye gaze coordinate measures (Eye XY Magnitude) and visual object coordinate measures (Object XY Magnitude) in a single session for TD and ASD groups. The study of the data in the upper graph section shows high correlation between eye tracking measures and stimulus movement. Changes in the magnitude of Eye XY Magnitude correlate with Object XY Magnitude measures for the vast majority of analyzed time segments, which means that visual attention is directed to the stimulus and efficient tracking of it is possible. Fluctuations of the signal dynamics are quite small and reflect physiological features of eye tracking activity.

The second graph section shows significantly lower correlation between eye tracking measures and visual object location. The Eye XY Magnitude trajectory shows high volatility and fragmentation, including multiple drops. The trajectory behavior does not correlate with stimulus movement, which reflects poor stability of visual attention, inability to track the stimulus and higher volatility of oculomotor activity. Of particular interest are the differences in the F2 and F4 segments, reflecting the reaction to the presence of social stimuli. For the TD group, the correlation coefficient is high in these segments, while for the ASD group, there are signs of the disorganization of gaze behavior and increased number of uncoordinated movements. Comparing both graphs shows that measures of signal correlation and stability of oculomotor activity can be used as input features for machine learning models, which will allow the development of approaches for the early diagnosis of autism spectrum disorders. The analysis of facial activity also shows group differences, as can be seen in Figure 3.

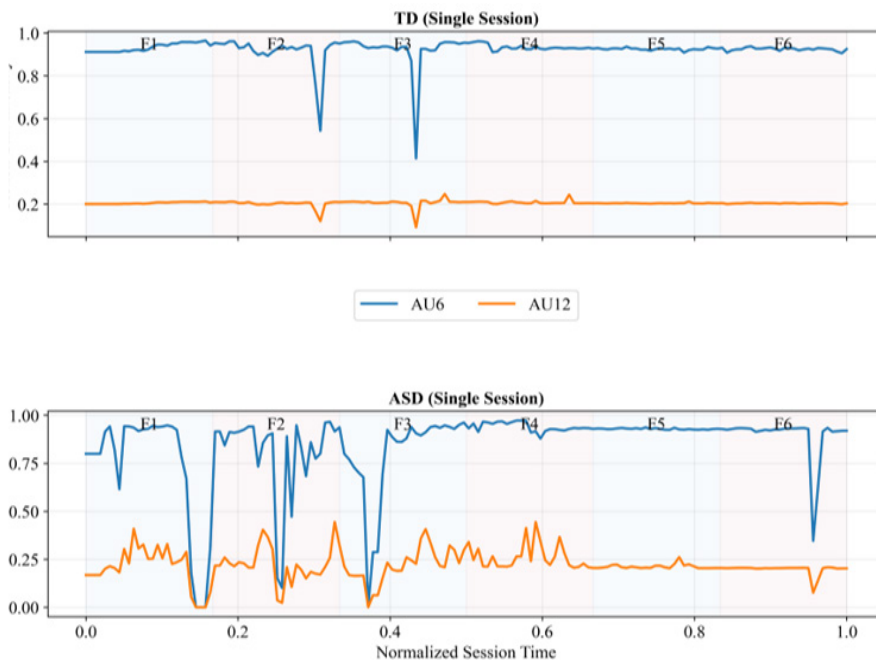


Fig. 3. Dynamics of facial activity in children with TD and ASD

Time series data on facial activity expressed as Action Units AU6 and AU12 are demonstrated for TD and ASD groups in Figure 3. From the analysis of the top part, it can be seen that the dynamics of facial activity are rather stable. High values of AU6 with small fluctuations show continuous facial activity that expresses some kind of emotional response. AU12 demonstrates low-level changes in activity and shows a rather controlled behavior of facial expressions. In contrast, the bottom part demonstrates significantly variable and unstable dynamics of facial signals. AU6 is characterized by rapid fluctuations and decline periods, showing unstable activity of emotional responses. AU12 shows large bursts in activity, meaning that there are many discontinuous emotions. Absence of signal structure suggests a disruption of the typical pattern of emotional responses. These differences are especially evident in parts F2-F4, which refer to interactive and social activities. TD children show synchronization of their facial reactions, while ASD children display desynchronized activity with rapid changes. Applying the proposed feature extraction algorithm, we built a multimodal feature space based on features of visual attention, gaze-object interaction, head orientation, and facial activity. The features that proved to be the most informative are the ones that characterize gaze consistency, fixations, and dynamics of facial activity. Thus, ASD-related behaviors are caused by a combination of multimodal elements, not a single one. Early ASD detection was set as a classification task in the built feature space. Several classifiers were used to test the efficiency of the suggested approach. To ensure reliable model evaluation and reduce the risk of overfitting, participant-level train-test splitting was applied, preventing overlap between recordings from the same child across subsets. In addition, out-of-fold (OOF) prediction analysis was performed to obtain unbiased estimates of classification performance. Feature normalization and preprocessing procedures were applied consistently across all samples to improve model stability and generalization ability. Multiple complementary evaluation metrics, including accuracy, balanced accuracy, precision, recall, F1-score, ROC-AUC, and PR-AUC, were used to provide a robust assessment of model performance under near-balanced class conditions. In order to further analyze model performance, out-of-fold (OOF) predictions were performed using ROC and Precision-recall curves shown in Figure 4.

Figure 4 shows the comparison between Logistic Regression, SVC with RBF kernel (SVC\_RBF), and Random Forest models. The ROC curves indicate that the three models significantly outperform random predictions, where the AUC of Logistic Regression is the highest (0.976), then SVC\_RBF (0.958), and finally Random Forest (0.927). This suggests that the Logistic Regression model is more accurate in ranking the observations according to their probability of ASD. The precision-recall curve further validates the same trend, where the average precision (AP) value of Logistic Regression is the highest (AP=0.978), followed by SVC\_RBF (AP=0.966), and Random Forest (AP=0.953). However, when the recall rate is increased, Random Forest demonstrates a drop in precision, indicating poor classification performance.

The use of OOF predictions additionally reduces optimistic bias in performance estimation and improves the reliability of the reported ROC and Precision–Recall curves.

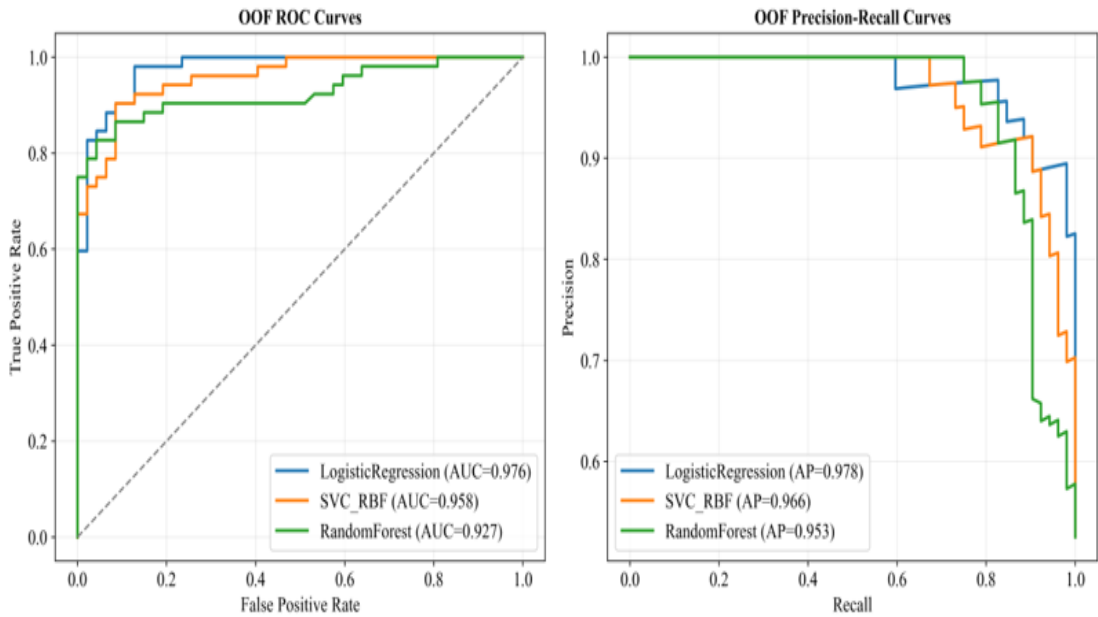


Fig. 4. ROC and Precision–Recall curves for OOF predictions of classification models

The quantitative results are summarized in Table 1.

model	accuracy	balanced_accuracy	precision	recall	f1	pr_auc	roc_auc
LogisticRegression	0.899	0.898	0.889	0.923	0.906	0.978	0.976
SVC_RBF	0.889	0.887	0.873	0.923	0.897	0.966	0.958
RandomForest	0.879	0.880	0.900	0.865	0.882	0.953	0.927

This validation strategy is particularly important for biomedical datasets with limited sample sizes, where overfitting may artificially inflate classification results. Among the considered models, logistic regression proves to be the best-performing one, reaching the highest ROC-AUC and PR-AUC scores along with threshold-dependent balanced measures, namely, accuracy (0.899) and F1 score (0.906). This implies that, to some extent, the selected multimodal features are linearly separable. Although SVC\_RBF manages to reach the same recall level as logistic regression, its overall performance is inferior, which may imply that nonlinearity does not provide any benefit in discrimination tasks for the considered features. The random forest classifier demonstrates higher accuracy yet lower recall and ranking capacity. Thus, it can be regarded as a more conservative model. The presented findings demonstrate that multimodal feature integration makes it possible to create a robust behavioral pattern representation that contributes to better classification performance. Specifically, the integration of oculomotor and facial expressions improves classification results and proves that the developed algorithm works effectively. The provided evidence also highlights that using an interpretable model like logistic regression is sufficient for obtaining good diagnostic results, which becomes especially important for clinical purposes.

## Conclusion.

This paper describes the algorithm for extraction and analysis of informative features based on oculomotor behavior and facial expressions in order to facilitate early detection of ASD. To do so, eye-tracking techniques are incorporated into a specially-designed experimental design, where the task is performed to obtain an informative and interpretable feature space. Statistical analyses demonstrate distinctive characteristics of visual attention behavior and facial expression changes between ASD patients and control subjects. In particular, differences have been found in the parameters of gaze stability, gaze-object agreement and facial expression dynamics, which emphasizes their potential for diagnosis. The results of classification demonstrate a very high degree of effectiveness of the algorithm implemented, with the logistic regression model producing the best results (ROC-AUC = 0.976, PR-AUC = 0.978) as a result of class separability and informative nature of the obtained feature space. The applied validation strategy and participant-level data separation further support the robustness and reproducibility of the obtained results. These results provide evidence that using multimodal analysis of oculomotor behavior and facial expression produces better results than the analysis performed using only one modality. Such an algorithm makes it possible to perform objective and quantitative analyses of behavioral data that can become a foundation for building intelligent systems for early ASD diagnosis. In the future, research will focus on expanding the size of the dataset, adding new modalities and implementing the approach described in a real-time system.

## REFERENCES

- American Psychiatric Association. (2022). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed., text rev.; DSM-5-TR). American Psychiatric Publishing.
- Abbas H., Garbey M. & Ghasemzadeh H. (2022). Automatic detection of autism spectrum disorder using machine learning A review. *IEEE Access*, 10, 12345–12367
- Daniels A.M. & Mandell D.S. (2020). Explaining differences in age at autism spectrum disorder diagnosis: A critical review. *Autism*, 24(1), 23–35. <https://doi.org/10.1177/1362361319877346>
- Duan X., Li Y. & Wang J. (2022). Multimodal learning for autism spectrum disorder detection: A survey. *Pattern Recognition Letters*, 158, 153–161. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2022.05.012>
- Falck-Ytter T., Bölte S. & Gredebäck G. (2020). Eye tracking in early autism research // *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 12(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s11689-020-09312-1>
- Frazier T.W., Youngstrom E.A. & Speer L. (2021). Behavioral and cognitive characteristics of autism spectrum disorder // *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 51(4), 1234–1248. <https://doi.org/10.1007/s10803-020-04600-0>
- Guo X., Li Y. & Chen X. (2021). Facial expression recognition in autism spectrum disorder: A machine learning perspective. *Neurocomputing*, 458, 344–356. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2021.06.045>
- Hasani B., Mahoor, M.H. & Corneanu C. (2020). Facial expression recognition in the wild using deep learning. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 11(3), 1–12. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2019.2936655>
- Kollias D. & Zafeiriou S. (2021). Expression, affect, and action units: A survey on deep learning-based facial analysis. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 12(2), 1–20. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2020.2981446>
- Li Y., Zhang Z. & Wang H. (2022). Multimodal deep learning for autism spectrum disorder detection // *Information Fusion*, 77, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2021.07.006>
- Lord C., Elsabbagh M., Baird G. & Veenstra-VanderWeele J. (2020). Autism spectrum disorder. *The Lancet*, 392(10146), 508–520. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31129-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31129-2)
- Maragathavalli P. & Samarla, S.K. (2023). Machine learning techniques for detecting and identifying significant autism spectrum disorder speech characteristics. *Machine Learning*, 11(1).
- Rasool A., Ahmad F., Bunterngchit, C. & Aslam S. (2026). Challenges in translating AI-driven ASD/ADHD



diagnosis: A methodological systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 214, 106417. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2026.106417>

Chen H., Zhang X., Chen Z. et al. (2025). Auxiliary diagnostic method for children with autism spectrum disorder based on virtual reality and eye-tracking technology. *Sci Rep* 15, 40552 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-24243-w>

Shi L., Zhao Y. & Li Q. (2022). Eye movement analysis for autism detection using deep learning. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 30, 123–132. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2022.3145678>

Thabtah F. (2021). Machine learning in autism spectrum disorder behavioral research: A review // *Health Informatics Journal*, 27(1), 1–15. <https://doi.org/10.1177/1460458220977718>

Voss, C., Schwartz, J., Daniels, J., Kline, A., Haber, N., Washington, P., Tariq, Q., Robinson, T.N., & Wall, D.P. (2019). Effect of wearable digital intervention for improving socialization in children with autism spectrum disorder: A randomized clinical trial. *JAMA Pediatrics*, 173(5), 446–454. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2019.0288>

Zhang, Y., Liu, M. & Wang, S. (2023). Multimodal fusion for autism detection: A deep learning approach. *Expert Systems with Applications*, 213, 118130. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118130>

Zwaigenbaum, L., Bauman, M.L., Stone, W.L., et al. (2021). Early identification of autism spectrum disorder: Recommendations for practice and research. *Pediatrics*, 145(1), e20193447. <https://doi.org/10.1542/peds.2019-3447>



**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).