

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



**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ
ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION
AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

2025 (24) 4

қазан- желтоқсан

ISSN 2708–2032 (print)
ISSN 2708–2040 (online)

БАС РЕДАКТОР:

Исахов Асылбек Абдишимович — есептеу теориясы саласында математика бойынша PhD доктор, "Компьютерлік ғылымдар және информатика" бағыты бойынша қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің Басқарма Төрағасы – Ректор (Қазақстан)

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

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

ҒАЛЫМ ХАТШЫ:

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)
Лучно 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, КР 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 Токсужаевич — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті шифрландыру 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, профессор, 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 Максутовна Ескендирова — 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 Сахнабай — техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік инженерия кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Алимсрәб 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 Валдас — PhD, Адам Мицкевич атындағы (Польша) университеттің проректоры

Мамырбаев Оркен Жумажанович — PhD, КР 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 сәулет университеті жобаларды басқару кафедрасының меңгерушісі (Украина)

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

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)

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

Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық даму министрлігіне мерзімді баспасөз басылымын есепке қою туралы куәлік № KZ82VPY00020475, 20.02.2020 ж. берілген

Тақырып бағыты: ақпараттық технологиялар, ақпараттық қауіпсіздік және коммуникациялық технологиялар, әлеуметтік-экономикалық жүйелерді дамытудағы цифрлық технология.

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тираж: 100 дана.

Редакция мекенжайы: 050040 Алматы қ., Манас к., 34/1, каб. 709, тел: +7 (727) 244-51-09.

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

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

© Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті АҚ, 2025

Журнал сайты: <https://journal.iitu.edu.kz> © Авторлар ұжымы, 2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Исахов Асылбек Абдинашмич — доктор PhD по математике в области теории вычислимости, ассоциированный профессор по направлению "Компьютерные науки и информатика", Председатель Правления – Ректор Международного университета информационных технологий (Казахстан)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

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)

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

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

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

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

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

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

Алмисреб 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)

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

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

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

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

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)

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

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

Тематическая направленность: информационные технологии, информационная безопасность и коммуникационные технологии, цифровые технологии в развитии социо-экономических систем.

Периодичность: 4 раза в год.

Тираж: 100 экземпляров.

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

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

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

© АО Международный университет информационных технологий, 2025

© Коллектив авторов, 2025

EDITOR-IN-CHIEF

Assylbek Issakhov — PhD in Mathematics in Computability Theory, associate professor in “Computer Science and Informatics,” Chairman of the Board – Rector of the International Information Technology University (Kazakhstan)

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

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

ACADEMIC SECRETARY

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

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Damilya 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 Sansyzybay — 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)

EDITOR

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

«International Journal of Information and Communication Technologies»

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Owner: International Information Technology University JSC (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan, Information Committee No. KZ82VPY00020475, issued on 20.02.2020.

Thematic focus: information technology, digital technologies in the development of socio-economic systems, information security and communication technologies

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 100 copies.

Editorial address: 050040. Manas st. 34/1, Almaty. +7 (727) 244-51-09. E-mail: ijict@iitu.edu.kz

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

© International Information Technology University JSC, 2025

© Group of authors, 2025

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 6. Is. 4. Number 24 (2025). Pp. 239–250

Journal homepage: <https://journal.iitu.edu.kz><https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.24.4.014>

ЭОЖ 004.8

FTAMA 20.53.27

APPLICATION OF DEEP LEARNING MODELS FOR EARLY DETECTION OF AUTISM SIGNS BASED ON EYE MOVEMENT ANALYSIS

*A. Mukhanova*¹, *A. Amirbay*^{1*}, *G. Abdikerimova*¹, *A. Shekerbek*¹, *Q. Rakhimov*²

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan;

²Fergana State University, Fergana, Uzbekistan.

E-mail: amirbay.aiz@gmail.com

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

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

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

E-mail: amirbay.aiz@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-0115-0166>;

Gulzira Abdikerimova — associate Professor, Department of Information Systems, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-4953-0737>;

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

<https://orcid.org/800520401702@enu.kz>;

Quvvatali Rakhimov — PhD, Head of the Department of Applied Mathematics and Computer Science, Fergana State University, Fergana, Uzbekistan

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

© A. Mukhanova, A. Amirbay, G. Abdikerimova, A. Shekerbek, Q. Rakhimov

Abstract. The presented scientific study reports the results of the creation and testing of two deep learning models, long short-term memory with a convolutional neural network LSTM+CNN and long short-term memory with an autoencoder LSTM+AE, for autism spectrum disorder diagnosis. The study is directed towards the use of eye tracking technology for recording participants eye movement data in interaction with animated objects. The data were saved in the.npy format of NumPy arrays for convenient subsequent analysis. The algorithms were evaluated in terms of their accuracy, generalization capability, and training time, as confirmed by experts. The primary aim of this study is to enhance the accuracy and efficiency of autism diagnosis. The long short-term memory convolutional neural network and autoencoder-long short-term memory architectures have shown great promise as tools for achieving this goal, with the autoencoder model being especially distinguished by its ability



to identify inherent relationships between datasets. Additionally, the paper discusses potential clinical uses of the algorithms and future directions for research.

Keywords: autism spectrum disorders, autoencoder, convolutional neural network, eye tracking, deep learning

For citation: A. Mukhanova, A. Amirbay, G. Abdikerimova, A. Shekerbek, Q. Rakhimov. Application of deep learning models for early detection of autism signs based on eye movement analysis//International journal of information and communication technologies. 2025. Vol. 6. No. 24. Pp. 239–250. (In Eng.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.24.4.014>.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest. *This research is funded by the Science Committee of the 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”).*

ӨЗ ҚОЗҒАЛЫСТАРЫН ТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ АУТИЗМ БЕЛГІЛЕРІН ЕРТЕ АНЫҚТАУ МАҚСАТЫНДА ТЕРЕҢ ОҚЫТУ МОДЕЛЬДЕРІН ҚОЛДАНУ

А. Муханова¹, А. Амирбай^{1}, Г. Абдикеримова¹, А. Шекербек¹, К. Рахимов²*

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан;

² Ферғана мемлекеттік университеті, Ферғана, Өзбекстан.
E-mail: amirbay.aiz@gmail.com

Аяғоз Муханова – Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Ақпараттық жүйелер кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD, Астана, Қазақстан

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

Айзат Амирбай — Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Ақпараттық жүйелер кафедрасының докторанты, Астана, Қазақстан

E-mail: amirbay.aiz@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-0115-0166>;

Гульзира Абдикеримова — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Ақпараттық жүйелер кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Астана, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-4953-0737>;

Айнур Шекербек — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Ақпараттық жүйелер кафедрасының PhD, Астана, Қазақстан

<https://orcid.org/800520401702@enu.kz>;

Кувватали Рахимов — Ферғана мемлекеттік университеті, Қолданбалы математика және информатика кафедрасының меңгерушісі, PhD, Ферғана, Өзбекстан

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

© А. Муханова, А. Амирбай, Г. Абдикеримова, А. Шекербек, К. Рахимов

Аннотация. Ғылыми зерттеу жұмысы аутизм спектрінің бұзылыстарын (АСБ) диагностикалау үшін екі терең оқыту моделін — ұзақ-қысқа мерзімді жад пен свёртка нейрондық желісін біріктірген (LSTM+CNN) және автоэнкодер негізіндегі ұзақ-қысқа мерзімді жадты (LSTM+AE) құру және сынау нәтижелер

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0

International License



-ін ұсынады. Зерттеу барысында айтрекинг технологиясы қолданылып, қатысушылардың анимациялық объектілермен өзара әрекеттесуі кезіндегі көз қозғалыстары тіркелді. Мәліметтер кейінгі талдауды жеңілдету үшін NumPy кітапханасының .pru форматында сақталды. Алгоритмдер дәлдігі, жалпылау қабілеті және оқыту уақыты тұрғысынан бағаланып, нәтижелер мамандар тарапынан расталды. Зерттеудің басты мақсаты – аутизм диагностикасының нақтылығын және тиімділігін арттыру. LSTM+CNN және LSTM+AE архитектуралары бұл мақсатқа жетуде жоғары әлеует көрсетті, ал автоэнкодер моделі деректер жиынтықтарының жасырын байланыстарын анықтау қабілетімен ерекше көзге түсті. Мақалада алгоритмдердің клиникалық қолданыстары мен болашақ зерттеу бағыттары да талқыланады.

Түйін сөздер: аутизм спектрінің бұзылыстары, автоэнкодер, свёртка нейрондық желісі, айтрекинг, терең оқыту

Дәйексөздер үшін: А. Муханова, А. Амирбай, Г. Абдикеримова, А. Шекербек, К. Рахимов. Өз қозғалыстарын талдау негізінде аутизм белгілерін ерте анықтау мақсатында терең оқыту модельдерін қолдану // Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы. 2025. Том. 6. № 24. 239–250 бет. (Ағыл). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.24.4.014>.

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

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЗНАКОВ АУТИЗМА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ

А. Муханова¹, А. Амирбай^{1}, Г. Абдикеримова¹, А. Шекербек¹, К. Рахимов²*

¹Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан;

²Ферганский государственный университет, Фергана, Узбекистан.
E-mail: amirbay.aiz@gmail.com

Аягоз Муханова — PhD, ассоциированный профессор кафедры информационных систем, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан
<https://orcid.org/0000-0003-3987-0938>;

Айзат Амирбай — докторант кафедры информационных систем, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан
<https://orcid.org/0009-0003-0115-0166>;

Гульзира Абдикеримова — ассоциированный профессор кафедры информационных систем, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан
<https://orcid.org/0000-0002-4953-0737>;

Айнур Шекербек — PhD, кафедра информационных систем, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан
<https://orcid.org/800520401702@enu.kz>;

Кувватали Рахимов — PhD, заведующий кафедрой прикладной математики и информатики, Ферганский государственный университет, Фергана, Узбекистан
<https://orcid.org/0000-0002-1863-3645>.



© А. Муханова, А. Амирбай, Г. Абдикеримова, А. Шекербек, К. Рахимов

Аннотация. Представленное исследование отражает результаты разработки и тестирования двух моделей глубокого обучения — долгой краткосрочной памяти с сверточной нейронной сетью (LSTM+CNN) и долгой краткосрочной памяти с автоэнкодером (LSTM+AE) — для диагностики расстройств аутистического спектра. Работа направлена на использование технологии айтрекинга для регистрации данных о движении глаз участников при взаимодействии с анимированными объектами. Данные сохранялись в формате .pru массивов NumPy для удобства последующего анализа. Алгоритмы оценивались по точности, способности к обобщению и времени обучения, что было подтверждено экспертами. Основная цель исследования — повышение точности и эффективности диагностики аутизма. Архитектуры LSTM+CNN и LSTM+AE показали высокую перспективность для достижения данной цели, при этом модель с автоэнкодером особенно выделяется своей способностью выявлять скрытые взаимосвязи между наборами данных. В статье также рассматриваются возможные клинические применения алгоритмов и направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: расстройства аутистического спектра, автоэнкодер, сверточная нейронная сеть, айтрекинг, глубокое обучение.

Для цитирования: А. Муханова, А. Амирбай, Г. Абдикеримова, А. Шекербек, К. Рахимов. Применение моделей глубокого обучения для раннего выявления признаков аутизма на основе анализа движений глаз // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. 2025. Т. 6. No. 24. Стр. 239–250. (На англ.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.24.4.014>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Данное исследование финансируется Комитетом науки 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) represent complex neurodevelopmental conditions that impair communication, social interaction, and behavior (Hirota et al., 2023:157–168; Wang et al., 2023:1819). Early diagnosis is crucial for timely interventions and improved quality of life. However, conventional diagnostic methods remain subjective and time-consuming (Sohl et al., 2023:177–184).

Recent advances in deep learning have enabled the development of algorithms capable of analyzing behavioral and physiological markers of ASD with higher accuracy (Jiang et al., 2023; Zhao et al., 2023). Eye-tracking technology, which captures visual attention and oculomotor patterns, is increasingly recognized as a promising biomarker of autism (Wei et al., 2023; Rahal, et al., 2019:103842). Fixations and saccades provide insights into cognitive and affective processes and can be transformed into features for computational models (Carette et al., 2019:103–112; Oliveira et al., 2021).



Importantly, several studies have demonstrated that computational methods applied to eye-tracking data can achieve competitive diagnostic performance. For instance, Oliveira et al. (2021) reported classification accuracy above 90 %, while Carette et al. (2018) achieved an AUC of 81.9 % using logistic regression on scanpath patterns. More recent work by Ahmed et al. (2023) explored deep learning classifiers, reaching AUC values up to 92 %. These results underline the feasibility of integrating eye-tracking biomarkers with advanced machine learning for ASD detection.

Building on this foundation, the present study investigates hybrid deep learning approaches—CNN–LSTM and LSTM–autoencoder—for the classification of ASD based on eye-tracking data. The models were evaluated in terms of accuracy, generalization, and training efficiency, and validated by clinical experts. Both frameworks demonstrated promising diagnostic potential, with LSTM–autoencoder showing particular strength in capturing complex temporal dependencies.

The findings highlight the value of combining eye-tracking biomarkers with hybrid deep learning techniques for enhancing ASD diagnostics and support their potential integration into medical practice.

Materials and methods

A unique application was developed during the study to collect eye-tracking data. This application features an animation of a ball that moves randomly across the screen (Figure. 1). This approach provides standardized conditions for data collection and allows for reliable information about the eye movements of the study participants.

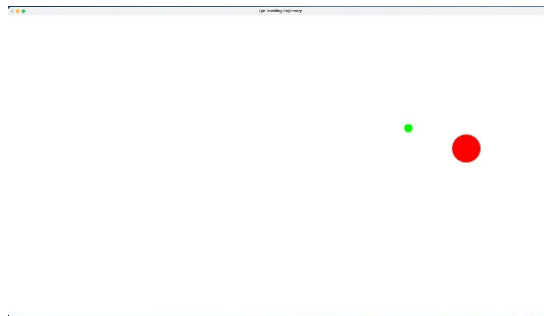


Fig.1. Eye tracking application

The use of eye-tracking technology in our study makes it possible to record the eye movement trajectories of the subjects while observing a dynamic visual stimulus, implemented as an animation of a moving ball. The pupil movement is recorded in real-time using cameras installed on the user's computer. The ball's movements on the screen do not follow a specific pattern, creating conditions for complex testing of the participants' visual attention.

Figure 2 shows an example of data obtained from the developed eye-tracking application during the observation of a dynamic visual stimulus. The table presents three key parameters: time, indicating the moment of fixation or saccade in seconds; the type of movement, including fixations (Fixation) and saccades (Saccade); and the distance reflecting the movement of the gaze between fixation points. Analysis of these parameters allows us to identify the features of the visual attention of the participants, as well as to detect potential anomalies characteristic of various cognitive conditions, including autism spectrum disorders.

1	Time	Type	Distance
2	0,135204	Fixation	1
3	0,201022	Saccade	12,16552506
4	0,2637	Saccade	5
5	0,333925	Saccade	5
6	0,407285	Saccade	24,0208243
7	0,464845	Saccade	6
8	0,535155	Saccade	29,01723626
9	0,601356	Saccade	8,062257748
10	0,676652	Saccade	9,055385138
11	0,740531	Saccade	30,01666204
12	0,802902	Saccade	6,08276253
13	0,864424	Saccade	4
14	0,912248	Fixation	1,414213562
15	0,965789	Fixation	1
16	1,031916	Fixation	2
17	1,102685	Fixation	1
18	1,17047	Saccade	9
19	1,232872	Saccade	4
20	1,302409	Saccade	3,605551275
21	1,356559	Saccade	22,56102835
22	1,43087	Saccade	5,099019514
23	1,499512	Saccade	3,16227766
24	1,574805	Saccade	14,86606875
25	1,659765	Saccade	4,123105626
26	1,731125	Saccade	10,44030651
27	1,790107	Fixation	2
28	1,865616	Saccade	4,472135955
29	1,932846	Fixation	1,414213562

Fig. 2. Collection of eye-tracking data while observing a dynamic stimulu

The study recruited participants previously diagnosed with ASD and a control group, whose data were used to classify the subjects into the appropriate categories. Using deep learning algorithms, including convolutional neural networks CNN for spatial data analysis and recurrent neural networks RNN for temporal sequence analysis, the study aims to identify eye movements characteristic of ASD. The main goal is to classify eye movements that are either normal or may indicate the presence of ASD.

Figure 3 shows the architecture of the deep learning model, which combines convolutional neural networks CNN and recurrent neural networks with long short-term memory LSTM. The input layer accepts high-dimensional data.

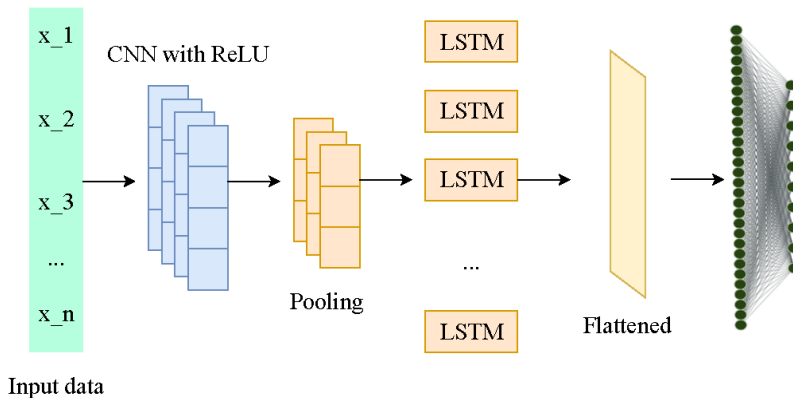


Fig. 3. LSTM + CNN model architecture

This diagram shows the architecture of a hybrid CNN-LSTM network. High-dimensional input data x_1, x_2, \dots, x_n are first processed by CNN layers with ReLU activation, which extract nonlinear spatial features and reduce dimensionality through pooling. The resulting feature maps are then passed to LSTM layers, which capture both short- and long-term temporal dependencies. Finally, the multi-

variate output of the LSTM is flattened and directed to a fully connected classification layer, enabling prediction of the final class labels.

Figure 4 illustrates the LSTM–Autoencoder model. The autoencoder first compresses the input sequence x_1, x_2, \dots, x_n into a lower-dimensional representation, preserving essential features, and then reconstructs the data. The compressed sequence is processed by LSTM layers, which capture temporal dependencies over short and long intervals. The final output is flattened into a one-dimensional vector and fed to the classification or regression layer. This architecture effectively combines the autoencoder’s ability to reduce dimensionality with the LSTM’s strength in modeling sequential patterns, enhancing performance in biomedical and other data-driven domains.

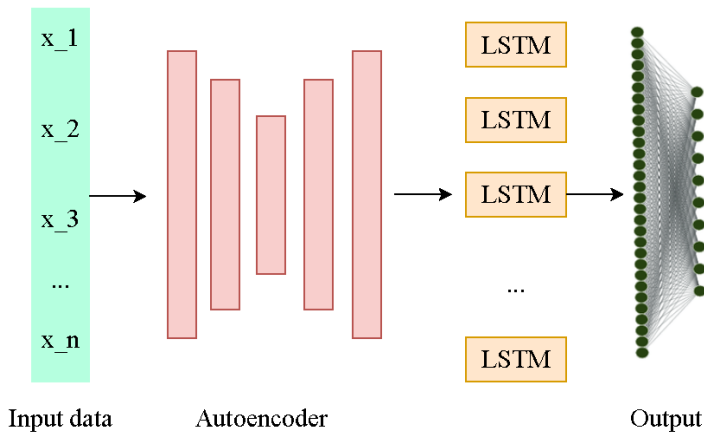


Fig. 4. LSTM + Autoencoder model architecture

The advantages of integrating LSTM with an autoencoder include learning latent representations, optimizing the training process, and extracting detailed temporal features. Autoencoders effectively extract key features from the data, which are then used by LSTM layers to improve the accuracy of data processing, resulting in more accurate pattern recognition and prediction. Data compression by an autoencoder significantly reduces the amount of information required to process, speeds up model training, improves its generalization ability, and reduces the risk of overfitting. The models were evaluated using AUC, Recall, and Precision metrics, which are important for medical diagnostics. AUC demonstrates the ability of a model to distinguish between classes, Recall evaluates the accuracy of identifying cases of autism, and Precision reflects the probability that an autism diagnosis will be correct. The performance of LSTM with an autoencoder in these metrics shows significant promise for accurately identifying autism disorders, offering new directions for clinical research in machine learning.

Results and discussion

In the study, two deep learning-based models, LSTM+CNN and LSTM+Autoencoder, were developed and evaluated. According to the presented results, both models demonstrate high accuracy, sensitivity, specificity, and AUC significance. The LSTM+CNN model, as shown in Figure 5, showed promising results. Such data indicate significant potential for these approaches for further application in clinical practice and research related to autism spectrum disorders.



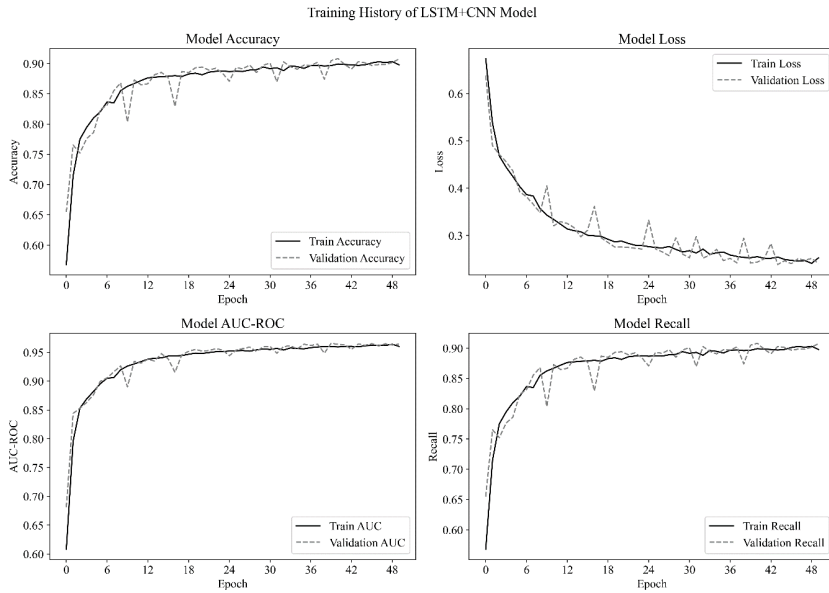


Fig.5. Accuracy of the considered LSTM+CNN models

Figure 5 shows the training history of the LSTM+CNN model. Training and validation accuracies quickly reach high levels, with only minor fluctuations, indicating good generalization. The loss steadily decreases for both training and validation sets, confirming stable learning. The AUC-ROC curve approaches 1, reflecting strong discriminative power, while recall remains consistently high across both training and validation data, demonstrating the model's robustness in detecting true positives. The LSTM+Autoencoder model in Figure 6 shows good performance, stable accuracy, and sensitivity throughout the training process and its potential for identifying autism behavioral features. The area under the ROC curve is close to 1, indicating the model's high diagnostic ability. The accuracy plot of the model shows that both training and validation accuracies quickly reach high levels in the initial epochs of training. Good model generalization is shown by the validation accuracy, which varies somewhat but stays at a level that is comparable to the training accuracy. As the number of epochs increases, the loss plot shows a notable drop in both training and validation losses, indicating the effectiveness of the training procedure and preserving a low validation loss during training, so validating the model's stability. The model's strong discriminatory capacity to differentiate between classes is demonstrated by the area under the receiver AUC-ROC being near to one, which is essential for diagnosing autism spectrum disorders. The model's robustness in detecting real positive cases is demonstrated by its strong recall on the training set and nearly identical performance on the validation set.

In the process of comparative analysis of two deep learning algorithms for classifying data related to ASD, we examined LSTM+CNN and LSTM+AE models, evaluating them according to such criteria as accuracy (Accuracy), AUC-ROC, completeness (Recall) and losses (Loss).

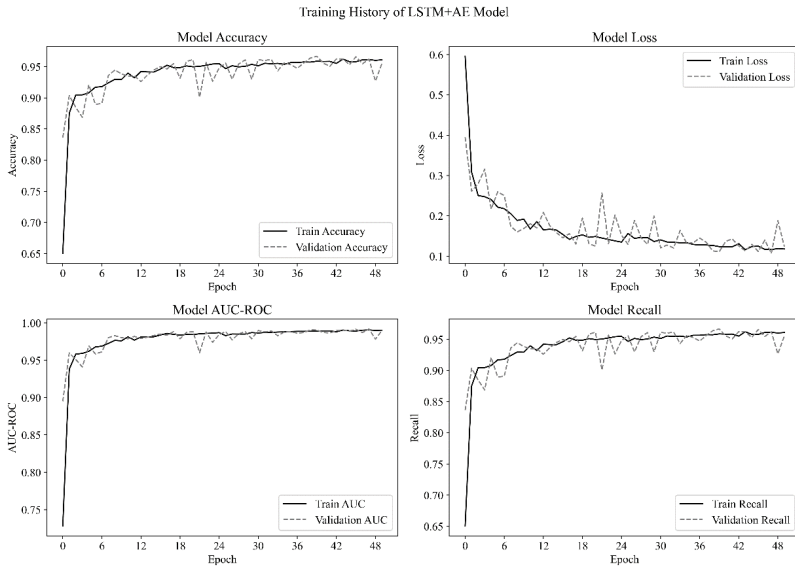


Fig.6. Accuracy of the considered LSTM+AE models

The degree of agreement between model predictions and actual data labels was higher for the LSTM+AE model, which demonstrated up to 95 % accuracy on the training set and up to 93 % on the validation set, than for the LSTM+CNN model, which demonstrated up to 90 % accuracy on the training set and up to 85% accuracy on the validation set. Standing out for its high accuracy in class distinction, LSTM+CNN achieved AUC-ROC values of up to 0.90 in training and up to 0.85 in validation, while LSTM+AE achieved AUC-ROC values of up to 1.00 in training and up to 0.98 in validation.

The recall rate for LSTM+CNN was up to 90 % on the training set and up to 85 % on the validation set, and for LSTM+AE the recall reached up to 95 % on the training set and up to 92 % on the validation set, indicating a higher ability of the model to identify ASD cases correctly. The LSTM+CNN model showed a loss of 0.2 in training and 0.3 in validation, while the LSTM+AE model showed a lower level of loss: 0.1 in training and 0.2 in validation, indicating a more stable and accurate prediction of the model. To summarize, the LSTM+AE model demonstrated superiority over LSTM+CNN in all metrics considered, which makes it preferable for SAD diagnostic tasks. High accuracy and recall, as well as lower loss and higher AUC-ROC, indicate that LSTM+AE is better at identifying complex patterns and nuances inherent in time sequences of SAR data, making the model especially valuable for clinical use where both high accuracy and the ability to avoid false positives.

As a result, the resulting images provide data that can be used for analysis in autism spectrum diagnosis using eye tracking technologies. To analyze this data, we can develop a mathematical model that will calculate the distance between the eye path (represented by dotted lines) and the ball path (represented by straight lines). The norm condition is defined as finding the gaze trajectory within a given range from

the ball's trajectory. Euclidean distance was used to calculate the distance between two trajectories. Let $P_i = (x_i, y_i)$ denote a point on the gaze trajectory, and $Q_i = (a_i, b_i)$ denote the closest point on the ball's trajectory. Then the Euclidean distance between P_i and Q_i is calculated by (1):

$$d(P_i, Q_i) = \sqrt{(x_i - a_i)^2 + (y_i - b_i)^2} \quad (1)$$

For every point on the gaze trajectory, the distance to the closest point on the ball's trajectory is computed. If all distances $d(P_i, Q_i)$ are within the defined range of 0 to 50 pixels, the gaze trajectory is deemed normative. If any distance exceeds these restrictions, the gaze trajectory is categorized as indicative of the autistic spectrum. The distance calculated between the gaze and ball trajectories is a critical parameter in determining the possible presence of autism. This approach allows not only to quantification of deviations in visual attention but also to identification of unique eye movement patterns that may be associated with ASD. A thorough diagnosis system with a variety of biomarkers and behavioral traits can incorporate this paradigm. It should be noted, therefore, that accurate classification necessitates a comprehensive strategy. Gaze trajectory analysis by itself might not be enough; other clinical information and the specifics of each case should be taken into account. This technique is an extra tool in the hands of doctors for early diagnosis and the development of customized interventions. Various eye movement trajectories are shown in Figure 7 as alternating dots and lines that form intricate overlapping patterns. The paths extend throughout the image, covering a wide range of motion. Due to the organized nature of these pathways, it can be assumed that they exhibit gaze behavior typical of healthy individuals, where the gaze follows an object with a certain consistency and concentration. The pathways likely represent normative eye movement trajectories in individuals without autism spectrum disorder, who are typically able to focus and follow visual stimuli in a more orderly and coherent manner.

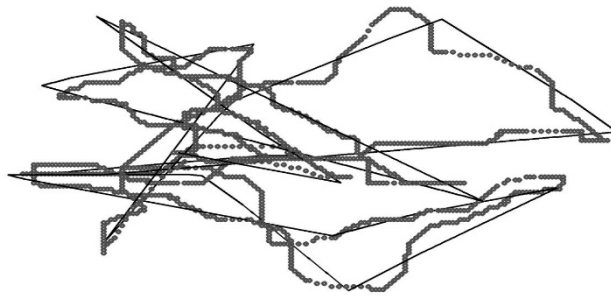


Fig. 7. Eye movement trajectories in individuals without ASD

In Figure 8, a complex of eye movement trajectories is observed, characterized by sharp angles and unpredictable changes. Dots connected by jagged lines create an image of complex patterns that are distributed throughout the image without a clear sequence or direction. These trajectories may indicate that the individuals whose visual perception they represent have difficulty concentrating on a single object, which is common in individuals with autism spectrum disorders. The patterns

express differences in visual tracking and may reflect problems in maintaining focus and following objects of visual stimulation.

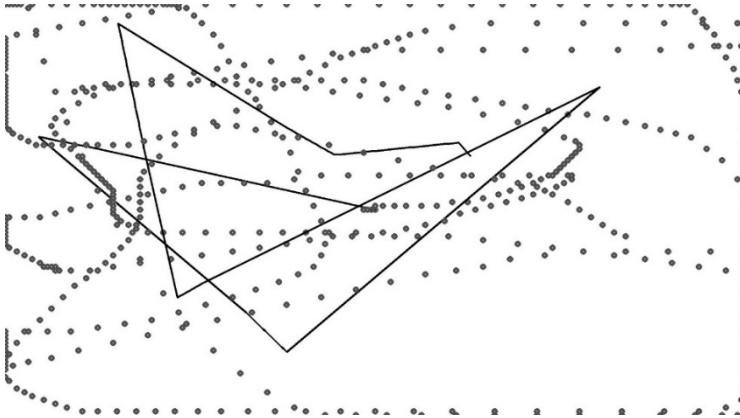


Fig. 8. Eye movement trajectories in individuals with ASD

The analysis of the obtained results allows us to conclude that the model is highly effective in classifying eye movement trajectories, representing a significant potential for improving ASD diagnostics. The presented data confirm the ability of the model to accurately distinguish between normative and abnormal gaze trajectories, which can significantly reduce the time and effort spent on diagnostics. However, despite progress, potential areas for improving the model are discussed. In particular, the possibility of integrating additional behavioral parameters, such as speed and response to stimuli, is considered for a more complete visual perception analysis. Optimization of learning algorithms is also discussed to improve performance and increase classification accuracy.

Conclusion

Extensive analysis of eye trajectories using deep learning models long short-term memory with a convolutional neural network and long short-term memory with an autoencoder confirmed their significant effectiveness in diagnosing ASD. Accuracy, AUC-ROC, and recall scores reflect the high ability of both models to distinguish between normative and anomalous gaze patterns. The LSTM+Autoencoder model demonstrates superior performance with consistent levels of accuracy and less volatility during the validation process, indicating its robustness and potential for clinical application.

The observed results highlight the value of integrating complex eye-tracking data into comprehensive diagnostic systems. Given the high generalizability of the LSTM+Autoencoder model, future studies may include additional behavioral measures to understand ASD further. Improvements in learning algorithms and integration of different data modalities will strengthen diagnostic capabilities and pave the way for the development of personalized therapeutic interventions.

Data collected using specialized eye-tracking software provides a meaningful basis for achieving these goals. Visualizations of model training results confirm their

adequacy and provide a basis for optimizing classification problems. Overall, the results achieved are a promising step towards improving the diagnosis of ASD and confirm the potential of machine learning to improve medical practice.

REFERENCES

- Ahmed, Z.A.T., Albalawi, E., Aldhyani, T.H.H., et al. (2023). Applying eye tracking with deep learning techniques for early-stage detection of autism spectrum disorders. *Data*. — 8(11). — 168.
- Carette, R., Elbattah, M., Cilia, F., Dequen, G., Guérin, J.L., & Bosche, J. (2019). Learning to predict autism spectrum disorder based on the visual patterns of eye-tracking scanpaths. *Proceedings of the 12th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies*. — 103–112.
- Hirota, T. & King, B.H. (2023). Autism spectrum disorder: a review. *JAMA*. — 329(2). — 157–168.
- Jiang, X., Hu, Z., Wang, S. & Zhang, Y. (2023). Deep learning for medical image-based cancer diagnosis. *Cancers*. — 15(14). — 3608.
- Morton, J.T., Rahnavard, G., Marotz, C., et al. (2023). Multi-level analysis of the gut–brain axis shows autism spectrum disorder-associated molecular and microbial profiles. *Nature Neuroscience*. — 26(7). — 1208–1217.
- Oliveira, J.S., Siqueira, H.L., Barros, A.K., et al. (2021). Computer-aided autism diagnosis based on visual attention models using eye tracking. *Scientific Reports*. — 11(1). — 89023.
- Rahal, R.M., & Fiedler, S. (2019). Understanding cognitive and affective mechanisms in social psychology through eye-tracking. *Journal of Experimental Social Psychology*. — 85. — 103842.
- Sohl, K., Mazurek, M.O., Brown, R., et al. (2023). ECHO Autism STAT: a diagnostic accuracy study of community-based primary care diagnosis of autism spectrum disorder. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*. — 44(3). — 177–184.
- Spering, M. (2022). Eye movements as a window into decision-making. *Annual Review of Vision Science*. — 8(1). — 427–448.
- Wang, L., Wang, B., Wu, C., Wang, J. & Sun, M. (2023). Autism spectrum disorder: neurodevelopmental risk factors, biological mechanism, and precision therapy. *International Journal of Molecular Sciences*. — 24(3). — 1819.
- Wei, Q., Cao, H., Shi, Y., Xu, X. & Li, T. (2023). Machine learning based on eye-tracking data to identify autism spectrum disorder: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Biomedical Informatics*. — 137. — 104254.
- Zhao, Y., Wang, X., Che, T., Bao, G. & Li, S. (2023). Multi-task deep learning for medical image computing and analysis: a review. *Computers in Biology and Medicine*. — 153. — 106496.

**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

Правила оформления статьи для публикации в журнале на сайте:

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

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
Мрзабаева Раушан Жалиқызы

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР
Ермакова Вера Александровна

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР
Рашидинов Дамир Рашидинович

КОМПЬЮТЕРНАЯ ВЕРСТКА
Асанова Жадыра

Подписано в печать 15.12.2025.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать - ризограф. 9,0 п.л. Тираж 100
050040 г. Алматы, ул. Манаса 34/1, каб. 709, тел: +7 (727) 244-51-09).

Издание Международного университета информационных технологий
Издательский центр КБТУ, Алматы, ул. Толе би, 59