

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE**

№2

2026

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)



CENTRAL ASIAN ACADEMIC
RESEARCH CENTER



**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF COMPUTER
SCIENCE**

2 (358)

APRIL – JUNE 2026

**PUBLISHED SINCE JANUARY 1963
PUBLISHED 4 TIMES A YEAR**

ALMATY, NAS RK

Chief Editor:

MUTANOV Galimkair Mutanovich, doctor of technical sciences, professor, academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

EDITORIAL BOARD:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Advisor to the General Director of the Institute of Information and Computing Technologies of the CS MES RK, Head of the Laboratory (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

MAMYRBAEV Orken Zhumazhanovich, (Academic Secretary), PhD in Information Systems, Deputy Director for Science of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

BAIGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Institute of Cybernetics and Information Technologies, Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

WOICIK Waldemar, Doctor of Technical Sciences (Phys.-Math.), Professor of the Lublin University of Technology (Lublin, Poland), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

SMOLARJ Andrej, Associate Professor Faculty of Electronics, Lublin polytechnic university (Lublin, Poland), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56249263000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1268523>

KEILAN Alimkhan, Doctor of Technical Sciences, Professor (Doctor of science (Japan)), chief researcher of Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

KHAIROVA Nina, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=37461441200>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1768515>

OTMAN Mohamed, PhD, Professor of Computer Science Department of Communication Technology and Networks, Putra University Malaysia (Selangor, Malaysia), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56036884700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/747649>

NYSANBAYEVA Saule Yerkebulanovna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

USATOVA Olga Alexandrovna, PhD, Associate Professor, Chief Scientific Secretary of the Institute of Information and Computing Technologies of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57204581062>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/JCO-3058-2023>

KAPALOVA Nursulu Aldazharovna, Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory cybersecurity, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191242124>,

KOVALYOV Alexander Mikhailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/38481396>

MIKHALEVICH Alexander Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

TIGHINEANU Ion Mihailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

Academic Scientific Journal of Computer Science

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Owner: «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty).

Certificate № **KZ77VPY00121154** on the re-registration of the periodical printed and online publication of the information agency, issued on **05.06.2025** by the Republican State Institution «Information Committee» of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan

Subject area: *information and communication technologies.*

Currently: *included in the list of journals recommended by the CCSES MSHE RK in the direction of «Information and communication technologies».*

Periodicity: *4 times a year.*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© «Central Asian Academic Research Center» LLP, 2026

БАС РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

КАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының кеңесшісі, зертхана меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

МАМЫРБАЕВ Өркен Жұмажанұлы (ғалым хатшы), Ақпараттық жүйелер саласындағы техника ғылымдарының (PhD) докторы, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

БАЙГУНЧЕКОВ Жұмаділ Жаңабайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, Сәтбаев университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

ВОЙЧИК Вальдемар, техника ғылымдарының докторы (физ-мат), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

СМОЛАРЖ Анджей, Люблин политехникалық университетінің электроника факультетінің доценті (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56249263000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1268523>

КЕЙЛАН Әлімхан, техника ғылымдарының докторы, профессор (ғылым докторы (Жапония)), ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» бас ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

ХАЙРОВА Нина, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» бас ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=37461441200>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1768515>

ОТМАН Мохаммед, PhD, Информатика, Коммуникациялық технологиялар және желілер кафедрасының профессоры, Путра университеті Малайзия (Селангор, Малайзия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56036884700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/747649>

НЫСАНБАЕВА Сауле Еркебұланқызы, техника ғылымдарының докторы, доцент, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» аға ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

УСАТОВА Ольга Александровна, PhD, қауымдастырылған профессор, ҚР ҒЖБМ "Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының" бас ғалым хатшысы (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57204581062>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/JCO-3058-2023>

КАПАЛОВА Нұрсұлу Алдажарқызы, техника ғылымдарының кандидаты, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты», Киберқауіпсіздік зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191242124>,

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина Ұлттық Ғылым академиясының академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/38481396>

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, техника ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь Ұлттық Ғылым академиясының академигі (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

Academic Scientific Journal of Computer Science

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктеуші: «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС (Алматы).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **05.06.2025** ж. берген № **KZ77VPY00121154** Куәлік.

Тақырыптық бағыты: *ақпараттық-коммуникациялық технологиялар*

Қазіргі уақытта: *«ақпараттық-коммуникациялық технологиялар» бағыты бойынша ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған журналдар тізіміне енді.*

Мерзімділігі: *жылына 4 рет.*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС, 2026

Главный редактор:

МУТАНОВ Галимканр Мутанович, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, советник генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК, заведующий лабораторией (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

МАМЫРБАЕВ Оркен Жумажанович, (ученый секретарь), доктор философии (PhD) по специальности «Информационные системы», заместитель директора по науке РГП «Институт информационных и вычислительных технологий» Комитета науки МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, Университет Сагпаева (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

ВОЙЧИК Вальдемар, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

СМОЛАРЖ Анджей, доцент факультета электроники Люблинского политехнического университета (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=56249263000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1268523>

КЕЙЛАН Алимхан, доктор технических наук, профессор (Doctor of science (Japan)), главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

ХАЙРОВА Нина, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=37461441200>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1768515>

ОТМАН Мохамед, доктор философии, профессор компьютерных наук, Департамент коммуникационных технологий и сетей, Университет Путра Малайзия (Селангор, Малайзия), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=56036884700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/747649>

НЫСАНБАЕВА Сауле Еркебулановна, доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

УСАТОВА Ольга Александровна, PhD, ассоциированный профессор, Главный ученый секретарь «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=57204581062>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/JCO-3058-2023>

КАПАЛОВА Нурсулу Алдажаровна, кандидат технических наук, заведующий лабораторией кибербезопасности РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=57191242124>,

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/38481396>

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

Academic Scientific Journal of Computer Science

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: *ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр» (г. Алматы).*

Свидетельство о постановке на переучет периодического печатного издания, информационного агентства и сетевого издания № **KZ77VRY00121154**. Дата выдачи **05.06.2025**

Тематическая направленность: *информационно-коммуникационные технологии.*

В настоящее время: *вошел в список журналов, рекомендованных КОКШВО МНВО РК по направлению «информационно-коммуникационные технологии».*

Периодичность: *4 раза в год.*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 2026

CONTENTS

COMPUTER SCIENCE

Abduraimova B.K., Toleukhan A.B., Sapakova S.Z., Abisheva A.A. Development of early cyberattack detection method using CNN-LSTM for IoT.....	11
Aben A.B., Kazbekova G.N., Baimakhanova A.S., Amanzholova A.B. Classification of birds and drones in the sky using MobileNetV2 model.....	30
Akbarov D., Sembayev T. Quality-aware pose–hand keypoint extraction pipeline for skeleton-based sign language recognition.....	44
Algazy K., Alimzhan Y., Sakan K., Nyssanbayeva S. Lattice-based vector commitments for Verkle trees.....	67
Asylkhan N., Baidrakhmanova M.G. Principles and models of spatial organization of buildings for crop production considering technological and climatic factors.....	87
Basheyeva Zh., Tokesh A., Bekish U., Abdoldinova G. Artificial intelligence for academic project management: a bibliometric analysis and systematic review.....	105
Bekmanova G., Kantureyeva M., Omarbekova A., Zakirova A., Issainova A. Integrating artificial intelligence to evaluate emotions in the learning environment.....	125
Dzhusupbekova G.T., Jangassiyev R.M. Gemini AI integration based on .NET MAUI for education: hybrid architecture and empirical load testing.....	146
Doszhan N.S., Sultanbekova L.Ye., Zhumagali S.Zh., Konysbayev E.K. Modeling and parameter calculation of an emergency response system based on LoRaWAN technology in the high-altitude conditions of the Zailiysky Alatau.....	166
Zhumakhanova A., Kudabayeva R., Akanova K., Myrkanova A. Entropy-normalized multidimensional model for user activity segmentation in Reddit...	180
Karabaliyev Y., Kolesnikova K., Khlevnaya Y. HybridKazASR: a hybrid automatic speech recognition system combining multi-model rover fusion and morpheme-aware language modeling for Kazakh.....	198
Kerimkhulle S.E., Adalbek A., Baizakov N.A., Shodorova N.N. Piecewise logistic and fuzzy modeling of Kazakhstan's GDP dynamics (1990–2024)....	212
Kulakayeva A., Ashurov A., Aitmagambetov A., Ongenbayeva Zh. Development of mathematical models and criteria for the admissibility of orbital maneuvers of spacecraft.....	228

Kulatay A.A., Zhaisanova D.S., Daurenbayeva N.A., Mamanova S.Y., Tolegen M.
 Machine learning for personalized learning in gamified edtech platforms:
 Aqyl Battle case.....248

Mamyrbayev O., Kurmetkan T.
 Enhanced sentiment analysis of e-commerce product reviews using
 Luong attention-based Bi-LSTM.....263

Marassulov U.A., Kazbekova G.
 TF-IDF-based fake news detection in Kazakh and Russian.....286

Omar A.B., Mussiraliyeva Sh.Zh.
 Federated learning: models based on transformer architecture.....302

Rakhimova D., Duisenbekkyzy Zh., Karibayeva A., Eşref A., Ilessova B.
 Improving the voice recognition system for children in Kazakh through additional
 training (fine-tuning).....317

Sarsembayev M, Urmashhev B.
 Optimization of the calculation of kinetic equations of combustion processes on GPU
 using global memory and shared memory.....335

Symagulov A., Smurygin V., Belousov A., Karypov A., Yunicheva N.R.
 Improving the accuracy of crop and weed detection using UAVs in soya fields
 through image segmentation.....347

Tashenova Zh., Gabdullin A.R., Abdugulova Zh., Amanzholova Sh., Santeyeva S.
 Security evaluation of WPA3 wireless networks under deauthentication
 attack scenarios.....368

**Tursunbayeva G.U., Satybalдина D.Zh., Tleuberdin S.T., Tashatov N.N.,
 Egamberdiyev E.E.**
 Anomaly detection in UAV telemetry systems based on simulation modeling.....391

Tursynova N., Yerimbetova A., Amangeldy N., Zhumabayeva A., Daiyrbayeva E.
 Comparative analysis of multilingual transformer models for Kazakh-to-gloss
 translation.....414

Shangpeng Lei, Balakayeva G.
 Dual-branch physical information neural networks for data center airflow velocity
 and thermal modeling.....433

Shynzhigit B.B., Balabekova M.O., Amangeldy T.T., Malik G.J., Balgimbekova U.B.
 Automatic brick defects detection by using a CNN-based deep learning model.....449

МАЗМҰНЫ

КОМПЬЮТЕРЛІК ҒЫЛЫМДАР

Абдураимова Б.К., Төлеухан Ә.Б., Сапакова С.З., Абишева А.А. Кибершабулдарды ерте анықтау әдісін CNN-LSTM негізінде дамыту (IoT үшін).....	11
Абен А.Б., Қазбекова Г.Н., Баймаханова А.С., Аманжолова Ә.Б. MobileNetV2 моделімен аспандағы құстар мен дрондарды классификациялау.....	30
Ақбаров Д.Р., Сембаев Т.М. Ым тілін тануға арналған дене қалпы мен қолдың негізгі нүктелерін сапаны бақылаумен анықтау әдісі.....	44
Алғазы К.Т., Әлімжан Е.Ж., Сақан Қ.С., Нысанбаева С.Е. Verkle ағаштарына арналған торлық векторлық міндеттемелер.....	67
Асылхан Н., Байдрахманова М.Г. Технологиялық және климаттық факторларды ескере отырып, өсімдік шаруашылығы ғимараттарының кеңістік ұйымдастыру қағидалары мен модельдері.....	87
Башеева Ж., Төкеш Ә., Бекіш Ұ., Абдолдинова Г. Академиялық жобаларды басқарудағы жасанды интеллект: библиометриялық талдау және жүйелі шолу.....	105
Бекманова Г.Т., Кантурсева М.А., Омарбекова А.С., Закирова А.Б., Исайнова А.Н. Оқу ортасындағы эмоцияларды бағалау үшін жасанды интеллектті біріктіру.....	125
Джусупбекова Г.Т., Жангасиев Р.М. Білім беруге арналған .NET MAUI негізіндегі Gemini AI интеграциясы: гибридігі архитектура және эмпирикалық жүктемелік тестілеу.....	146
Досжан Н.С., Султанбекова Л.Е., Жумағали С.Ж., Қонысбаев Е.К. Іле Алатауының биік таулы жағдайында LORAWAN технологиясы негізіндегі жедел әрекет ету жүйесінің параметрлерін модельдеу және есептеу.....	166
Жумаханова А., Қудабаева Р., Ақанова К., Мырқанова А. REDDIT-те пайдаланушы әрекетін сегменттеуге арналған энтропия-нормалданған көп өлшемді модель.....	180
Қарабаев Е., Колесникова К., Хлевная Ю. HybridKazASR: Rover көпмодельді біріктіру және морфемеге негізделген тілдік модельдеуді пайдаланатын қазақ тілін автоматты тану гибридігі жүйесі.....	198
Керімқұл С.Е., Адалбек А., Байзақов Н.А., Шодорова Н.Н. Қазақстан ЖІӨ динамикасын кезеңдік (Piecewise) логистикалық және бұлдыр модельдеу (1990–2024).....	212

Кулакаева А.Е., Ашуров А.Е., Айтмағамбетов А.З., Онгенбаева Ж.Ж. Ғарыш аппараттарының орбиталық маневрлерінің математикалық модельдері мен рұқсат критерийлерін әзірлеу.....	228
Құлатай А.А., Жайсанова Д.С., Дауренбаева Н.А., Маманова С.Е., Төлеген М. Геймификацияланған edtech платформаларда оқытуды жекелендіруге арналған машиналық.....	248
Мамырбаев Ө.Ж., Құрметқан Т. Луонг назар механизміне негізделген BI-LSTM көмегімен электрондық коммерция өнімдеріне жазылған пікірлерге жетілдірілген сентименттік талдау жасау.....	263
Марасулов У.А., Казбекова Г. Қазақ және орыс тілдеріндегі жалған жаңалықтарды TF-IDF арқылы анықтау.....	286
Омар А.Б., Мусиралиева Ш.Ж. Федеративті оқыту: трансформер архитектурасына негізделген модельдер.....	302
Рахимова Д., Дүйсенбекқызы Ж., Кәрібаева А., Ешref А., Ілесова Б. Қазақ тіліндегі балалар дауысын тану жүйесін қосымша оқыту (Fine-Tuning) арқылы жетілдіру.....	317
Сарсембаев М., Урмашев Б. Global memory және shared memory қолдану арқылы GPU-да жану процестерінің кинетикалық теңдеулерін есептеуді оңтайландыру.....	335
Сымагулов А., Смұрыгин В., Белоусов А., Карыпов А., Юничева Н.Р. Соя алқаптарында ҰҰА көмегімен мәдени және арамшөп өсімдіктерін детекттеу сапасын кескіндерді сегменттеу арқылы арттыру.....	347
Ташенова Ж.М., Габдуллин А.Р., Абдугулова Ж.К., Аманжолова Ш.А., Сантеева С.Ә. Деатентификациялау шабуылы сценарийлеріндегі WPA3 сымсыз желілерінің қауіпсіздігін бағалау.....	368
Турсунбаева Г., Сатыбалдина Д., Глеубердин С., Ташатов Н., Эгамбердиев Э. Симуляциялық модельдеу негізінде ұшқышсыз ұшу аппараттарының телеметриялық жүйелеріндегі аномалияларды анықтау.....	391
Турсынова Н., Еримбетова А., Амангелді Н., Жумабаева А., Дайырбаева Э. Қазақ тілінен глосска аудару үшін көптілді трансформерлік модельдердің салыстырмалы талдауы.....	414
Шанпэн Лей, Балакаева Г. Деректер орталығының ауа ағынының жылдамдығына және термиялық модельдеуге арналған екі тармақты физикалық ақпараттық нейрондық желілер.....	433
Шынжігіт Ш.Б., Балабекова М.О., Амангелді Т.Т., Мәлік Г.Ж., Балгимбекова У.Б. Кіріпші ақауларын автоматты анықтауда snn негізіндегі терең оқыту моделін пайдалану.....	449

СОДЕРЖАНИЕ

КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

Абдураимова Б.К., Толеухан А.Б., Сапакова С.З., Абишева А.А. Разработка метода раннего обнаружения кибератак на основе CNN-LSTM для IoT.....	11
Абен А.Б., Казбекова Г.Н., Баймаханова А.С., Аманжолова А.Б. Классификация птиц и дронов в небе с использованием модели MobileNetV2.....	30
Акбаров Д.Р., Сембаев Т.М. Метод получения ключевых точек позы и кистей с контролем качества для распознавания жестового языка.....	44
Алгазы К.Т., Алимжан Е.Ж., Сакан К.С., Нысанбаева С.Е. Решеточные векторные обязательства для Verkle-деревьев.....	67
Асылхан Н., Байдрахманова М.Г. Принципы и модели пространственной организации зданий для растениеводства с учетом технологических и климатических факторов.....	87
Башеева Ж., Токеш А., Бекиш У., Абдолдинова Г. Искусственный интеллект в управлении академическими проектами: библиометрический анализ и систематический обзор.....	105
Бекманова Г.Т., Кантуреева М.А., Омарбекова А.С., Закирова А.Б., Исайнова А.Н. Интеграция искусственного интеллекта для оценки эмоций в учебной среде.....	125
Джусупбекова Г.Т., Джангасиев Р.М. Интеграция Gemini AI на базе .NET MAUI для образования: гибридная архитектура и эмпирическое нагрузочное тестирование.....	146
Досжан Н.С., Султанбекова Л.Е., Жумагали С.Ж., Коньсбаев Е.К. Моделирование и расчет параметров системы экстренного реагирования на базе технологии LoRaWAN в условиях высокогорья Заилийского Алатау.....	166
Жумаханова А., Кудабаева Р., Аканова К., Мырканова А. Энтропийно-нормализованная многомерная модель для сегментации активности пользователей в Reddit.....	180
Карабалиев Е., Колесникова К., Хлевна Ю. HybridKazASR: гибридная система автоматического распознавания казахской речи на основе многомодельного объединения ROVER и морфемно-ориентированного языкового моделирования.....	198
Керимкулов С.Е., Адалбек А., Байзаков Н.А., Шодорова Н.Н. Кусочно-логистическое и нечеткое моделирование динамики ВВП Казахстана (1990–2024).....	212
Кулакаева А.Е., Ашуров А.Е., Айтмагамбетов А.З., Онгенбаева Ж.Ж. Разработка математических моделей и критериев допустимости орбитальных маневров космических аппаратов.....	228

Кулатай А.А., Жайсанова Д.С., Дауренбаева Н.А., Маманова С.Е., Толеген М. Машинное обучение для персонализации обучения на геймифицированных EdTech-платформах: кейс Aqyl Battle.....	248
Мамырбаев О., Курметкан Т. Усовершенствованный анализ тональности отзывов о товарах электронной коммерции с использованием Bi-LSTM на основе механизма внимания Луонга.....	263
Марасулов У.А., Казбекова Г. Выявление ложных новостей на казахском и русском языках TF-IDF-моделями.....	286
Омар А.Б., Мусиралиева Ш.Ж. Федеративное обучение: модели на основе архитектуры трансформеров.....	302
Рахимова Д., Дуйсенбеккызы Ж., Карибаева А., Еҫref А., Илесова Б. Совершенствование системы распознавания голоса детей на казахском языке путем дополнительного обучения (fine-tuning).....	317
Сарсембаев М., Урмашев Б. Оптимизация расчета кинетических уравнений процессов горения на GPU с использованием global memory и shared memory.....	335
Сымагулов А., Смургин В., Белоусов А., Карыпов А., Юничева Н.Р. Улучшение качества детектирования культурных и сорных растений с помощью БПЛА на полях сои с применением сегментации изображений.....	347
Ташенова Ж.М., Габдуллин А.Р., Абдугулова Ж.К., Аманжолова Ш.А., Сантеева С.А. Оценка безопасности беспроводных сетей WPA3 в условиях атаки с деаутентификацией.....	368
Турсунбаева Г., Сатыбалдина Д., Тлеубердин С., Ташатов Н., Эгамбердиев Э. Обнаружение аномалий в телеметрических системах БПЛА на основе симуляционного моделирования.....	391
Турсынова Н., Еримбетова А., Амангелді Н., Жумабаева А., Дайырбаева Э. Сравнительный анализ многоязычных трансформерных моделей для перевода с казахского языка на глоссированное представление.....	414
Шанпэн Лэй, Балакаева Г. Двухветвевые физически информированные нейронные сети для моделирования воздушных потоков и тепловых условий в центрах обработки данных.....	433
Шынжыгит Ш.Б., Балабекова М.О., Амангелды Т.Т., Малик Г.Ж., Балгимбекова У.Б. Использование модели глубокого обучения на основе CNN для автоматического обнаружения дефектов кирпичной кладки.....	449

ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE

ISSN 1991-346X

Volume 2.

Number 358 (2026). 146–165

<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1726.431>

IRSTI 28.23.29

UDC 004.8:37

© **Dzhusupbekova G.T., Jangassiyev R.M.***, 2026.

Mukhtar Auezov South Kazakhstan Research University, Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: jangasiev@gmail.com

GEMINI AI INTEGRATION BASED ON .NET MAUI FOR EDUCATION: HYBRID ARCHITECTURE AND EMPIRICAL LOAD TESTING

Dzhusupbekova Gulzat — Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Lecturer, Mukhtar Auezov South Kazakhstan Research University, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: d.gulzat20.10@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1727-0966>;

Jangassiyev Raiymbek — Lecturer, Mukhtar Auezov South Kazakhstan Research University, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: jangasiev@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-7616-419X>.

Abstract. In the context of global digital transformation and the transition to the Quality 4.0 paradigm, higher education requires new approaches to the design and deployment of educational technologies. In this regard, the integration of large multimodal models into educational applications has become an important direction for providing personalized and interactive learning support. The aim of this study is to propose a hybrid architecture for an educational application based on the .NET MAUI cross-platform framework and Google Gen AI SDK, to develop its prototype, and to empirically evaluate its technical performance. As part of the study, a working prototype of an intelligent advisor application was developed for Windows and Android operating systems. During the empirical evaluation, load testing was conducted on the Gemini 2.5 Flash and Gemma 3 (1B) models using prompts of varying complexity; the measured metrics included Time-To-First-Token (TTFT), generation speed (TPS), RAM usage, and network traffic volume. The results showed that Gemma 3 (1B) had an advantage in initial response speed, with TTFT remaining below 1 second, making it suitable for rapid interface interaction and local processing of sensitive data. In contrast, Gemini 2.5 Flash demonstrated high throughput when generating long and complex content, reaching over 200 TPS. These findings confirm the technical feasibility of a hybrid architecture for educational applications. At the same time, the study substantiates the need to maintain a human-in-the-loop strategy and strengthen academic integrity policies when using multimodal models in high-stakes educational tasks.

Keywords: Gemini AI, .NET MAUI, educational technology, hybrid architecture, load testing, multimodal models, empirical evaluation

For citations: Dzhusupbekova G.T., Jangassiyev R.M. Gemini ai integration based on .net maui for education: hybrid architecture and empirical load testing. Academic Scientific Journal of Computer Science, 2026. — No.2. — P. 146–165. DOI <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1726.431>

© Джусупбекова Г.Т., Жангасиев Р.М. *, 2026.

Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті,
Шымкент, Қазақстан.

E-mail: jangasiev@gmail.com

БІЛІМ БЕРУГЕ АРНАЛҒАН .NET MAUI НЕГІЗІНДЕГІ GEMINI AI ИНТЕГРАЦИЯСЫ: ГИБРИДТІ АРХИТЕКТУРА ЖӘНЕ ЭМПИРИКАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛІК ТЕСТІЛЕУ

Джусупбекова Гулзат — п.ғ.к., аға оқытушы, Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: d.gulzat20.10@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1727-0966>;

Жангасиев Райымбек — оқытушы, Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: jangasiev@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-7616-419X>.

Аннотация. Жаһандық цифрлық трансформация және «Сапа 4.0» парадигмасына көшу жағдайында жоғары білім беру жүйесі білім беру технологияларын жаңаша ұйымдастыруды талап етеді. Осы тұрғыдан алғанда, үлкен мультимодальды модельдерді білім беру қосымшаларына интеграциялау жекелендірілген және интерактивті оқу қолдауын қамтамасыз етудің өзекті бағыты болып табылады. Бұл зерттеудің мақсаты – .NET MAUI кросс-платформалық фреймворкі мен Google Gen AI SDK негізінде білім беруге арналған гибриді архитектураны ұсыну, оның прототипін әзірлеу және техникалық өнімділігін эмпирикалық тұрғыда бағалау. Зерттеу аясында Windows және Android операциялық жүйелеріне арналған «зияткерлік кеңесші» қосымшасының жұмыс істейтін прототипі жасалды. Эмпирикалық бағалау барысында Gemini 2.5 Flash және Gemma 3 (1B) модельдеріне әртүрлі күрделіліктегі промпттар арқылы жүктемелік тестілеу жүргізіліп, алғашқы токенге дейінгі уақыт (TTFT), генерация жылдамдығы (TPS), жедел жадты пайдалану және желілік трафик көлемі өлшенді. Нәтижелер Gemma 3 (1B) моделінің жедел бастапқы жауап беру бойынша артықшылығын көрсетті: оның TTFT көрсеткіші 1 секундтан төмен болды, бұл жедел интерфейстік өзара әрекеттесу мен құпия деректерді локальды өңдеу сценарийлеріне қолайлы. Ал Gemini 2.5 Flash моделі көлемді және күрделі мазмұнды генерациялауда жоғары өткізу қабілетін көрсетті, TPS көрсеткіші 200-ден асты. Алынған

нәтижелер гибридіті архитектураның білім беру қосымшаларында техникалық тұрғыдан орынды екенін дәлелдейді. Сонымен қатар мультимодальды модельдерді жоғары жауапкершілікті білім беру міндеттерінде қолданғанда адам қатысуымен тексеру қағидатын сақтау және академиялық адалдық саясатын күшейту қажеттілігі негізделді.

Түйін сөздер: Gemini AI, .NET MAUI, білім беру технологиялары, гибридіті архитектура, жүктемелік тестілеу, мультимодальды модельдер, эмпирикалық бағалау

© Джусупбекова Г.Т., Джангасиев Р.М.*, 2026.

Южно-Казахстанский исследовательский университет имени М.О. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан.
E-mail: jangasiev@gmail.com

ИНТЕГРАЦИЯ GEMINI AI НА БАЗЕ .NET MAUI ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ: ГИБРИДНАЯ АРХИТЕКТУРА И ЭМПИРИЧЕСКОЕ НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ

Джусупбекова Гулзат — кандидат педагогических наук, старший преподаватель, Южно-Казахстанский исследовательский университет имени М.О. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,
E-mail: d.gulzat20.10@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1727-0966>;

Джангасиев Райымбек — преподаватель, Южно-Казахстанский исследовательский университет имени М.О. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,
E-mail: jangasiev@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-7616-419X>.

Аннотация. *Актуальность.* В условиях глобальной цифровой трансформации и перехода к парадигме «Качество 4.0» система высшего образования требует новых подходов к организации образовательных технологий. В этом контексте интеграция больших мультимодальных моделей в образовательные приложения становится актуальным направлением развития персонализированной и интерактивной учебной поддержки. *Цель.* Предложить гибридную архитектуру образовательного приложения на основе кроссплатформенного фреймворка .NET MAUI и Google Gen AI SDK, разработать ее прототип и эмпирически оценить техническую производительность. *Методы.* В рамках исследования создан рабочий прототип приложения «интеллектуальный советник» для операционных систем Windows и Android. В ходе эмпирической оценки проведено нагрузочное тестирование моделей Gemini 2.5 Flash и Gemma 3 (1B) с использованием промптов различной сложности. Измерялись время до первого токена (TTFT), скорость генерации токенов (TPS), использование оперативной памяти и объем сетевого трафика. *Результаты и выводы.* Результаты показали преимущество модели Gemma 3 (1B) по скорости начального отклика: показатель TTFT составил менее 1 секунды, что делает данную модель подходящей для сценариев быстрого интерфейсного взаимодействия и локальной обработки чувствительных

данных. В то же время модель Gemini 2.5 Flash продемонстрировала высокую пропускную способность при генерации объемного и сложного контента, показав TPS выше 200. Полученные результаты подтверждают техническую целесообразность применения гибридной архитектуры в образовательных приложениях. Одновременно обоснована необходимость соблюдения принципа human-in-the-loop и усиления политики академической честности при использовании мультимодальных моделей в высокоответственных образовательных задачах.

Ключевые слова: Gemini AI, .NET MAUI, образовательные технологии, гибридная архитектура, нагрузочное тестирование, мультимодальные модели, эмпирическая оценка, Google Gen AI SDK

Кіріспе. Жоғары білім беру жүйесіндегі цифрлық трансформация білім беру технологияларын жаңа деңгейде қайта қарауды талап етеді. Қазіргі жағдайда жасанды интеллект білім беру үдерісінің шеткері құралы емес, оқу материалын түсіндіру, жекелендірілген қолдау көрсету, интерактивті кеңес беру және цифрлық білім беру қызметтерін ұйымдастырудың маңызды элементіне айналып отыр. Әсіресе генеративті жасанды интеллект құралдарының дамуы студенттермен өзара әрекеттесудің жаңа үлгілерін қалыптастырып, білім беру мазмұнын түсіндіру, құрылымдау және жедел кері байланыс ұсыну мүмкіндігін кеңейтті (Aktay et al., 2023; Imran and Almusharraf, 2023).

Соңғы жылдары білім беру ортасында мәтінге ғана емес, кескін, аудио және басқа да дерек түрлеріне сүйенетін мультимодальды жасанды интеллект жүйелеріне қызығушылық артты. Бұл үрдіс нақты оқу міндеттерінің табиғатымен байланысты, өйткені білім беру тапсырмалары көбіне тек мәтінмен шектелмейді. Диаграммалар, кестелер, код үзінділері, визуалды материалдар және күрделі құрылымдық мазмұн білім беру қосымшаларына мультимодальды модельдерді енгізуді өзекті етеді (Lee and Shi, et al., 2023; Imran and Almusharraf, 2024b). Осы тұрғыдан Google Gemini модельдері мәтіндік және мультимодальды мазмұнды өндеуге қабілетті құрал ретінде білім беру технологиялары үшін маңызды платформа болып саналады (Gemini Team, Google, 2025).

Сонымен қатар білім беру саласында мұндай модельдерді пайдаланудың тиімділігі тек модельдің теориялық мүмкіндігімен емес, оны нақты бағдарламалық ортаға дұрыс кіріктірумен де анықталады. Осыған байланысты кросс-платформалық мобильді және жұмыс үстелі қосымшаларын әзірлеуге арналған .NET MAUI фреймворкі ерекше назар аудартады. Бұл орта Android, Windows, iOS және macOS жүйелеріне ортақ C# кодтық базасы арқылы қосымша жасауға мүмкіндік береді, яғни білім беру ұйымдары үшін бірыңғай, сүйемелдеуге ыңғайлы және кеңейтілетін цифрлық шешім ұсынады (Blanco and Lucrédio, 2021; Jangassiyev et al., 2025).

Алайда қолданыстағы зерттеулерді талдау Gemini және басқа мультимодальды модельдердің білім беру әлеуеті жан-жақты

талқыланғанымен, оларды .NET MAUI негізіндегі нақты кросс-платформалық қосымшаға кіріктіру және оның техникалық өнімділігін эмпирикалық тұрғыда бағалау мәселесі жеткілікті деңгейде ашылмағанын көрсетеді. Әсіресе гибриді архитектураны пайдалану, яғни бұлттық және локальды модельдер арасындағы функциялық бөліністі жобалау, жауап беру жылдамдығы мен ресурстарды пайдалану тұрғысынан әлі де нақты инженерлік дәлелдеуді қажет етеді.

Осыған байланысты бұл зерттеудің мақсаты – .NET MAUI негізінде Gemini AI интеграцияланған білім беру қосымшасының гибриді архитектурасын ұсыну, оның жұмыс істейтін прототипін әзірлеу және Gemini 2.5 Flash пен Gemma 3 (1B) модельдерінің техникалық өнімділігін эмпирикалық жүктемелік тестілеу арқылы бағалау.

Зерттеудің негізгі үлестері төмендегідей:

1. білім беру сценарийлеріне бағытталған .NET MAUI негізіндегі гибриді архитектура ұсынылды;

2. Windows және Android платформаларына арналған кросс-платформалық «зияткерлік кеңесші» прототипі әзірленді;

3. Gemini 2.5 Flash пен Gemma 3 (1B) модельдері TTFT, TPS, жедел жадты пайдалану және желілік трафик метрикалары бойынша эмпирикалық түрде салыстырылды;

4. алынған техникалық нәтижелердің білім беру қосымшаларындағы практикалық қолданысымен байланысы талданды.

Осы мақсатқа жету үшін зерттеу келесі сұрақтарға жауап іздейді: .NET MAUI негізінде Gemini AI-ді білім беру қосымшасына тиімді түрде қалай кіріктіруге болады; гибриді архитектура жағдайында әртүрлі модельдердің қолданылу сценарийлері қалай бөлінеді; және техникалық өнімділік нәтижелері білім беру ортасындағы нақты пайдалану талаптарымен қалай байланысады.

Бұл зерттеуде гибриді архитектураны қолдану білім беру қосымшасында жылдамдық, ресурстық тиімділік және қолдану сценарийіне бейімделу арасында практикалық теңгерім береді деп болжанды.

Әдеби шолу. Жасанды интеллектті білім беру экожүйесіне енгізу дәстүрлі цифрландырудан зияткерлік және бейімделгіш оқу орталарына көшу үдерісін жеделдетті. Бұл үрдіс жоғары оқу орындарында оқытуды ұйымдастыру, білім алушыларға қолдау көрсету және цифрлық инфрақұрылымды жаңарту міндеттерімен тығыз байланысты. «Сапа 4.0» парадигмасы аясында білім беру технологиялары енді тек ақпарат жеткізу құралы емес, деректерге негізделген, жекелендірілген және интерактивті білім беру ортасын қалыптастырушы фактор ретінде қарастырылады (Badshah et al., 2023; Imran and Almusharraf, 2024a).

Генеративті жасанды интеллекттің алғашқы кең таралған түрлері, әсіресе мәтінге негізделген ірі тілдік модельдер, академиялық жазу, идея генерациясы, мәтінді құрылымдау және ақпараттық қолдау сияқты міндеттерде пайдалы

құрал ретінде бағаланды. Бұл модельдер студенттерге мәтін дайындау, мазмұнды өңдеу және оқу тапсырмаларын түсіндіру барысында жедел көмек көрсетуге мүмкіндік берді (Imran and Almusharraf, 2023; Koubaa et al., 2023). Сонымен бірге зерттеулер мұндай құралдарды қолдану академиялық адалдық, мазмұн дәлдігі және сыни ойлаудың әлсіреуі сияқты тәуекелдерді де қатар туындататынын көрсетеді (Aktay et al., 2023). Білім беру міндеттерінің күрделенуі мәтінмен ғана шектелмейтін, сурет, аудио, бейне және аралас мазмұнды қатар өңдей алатын мультимодальды модельдерге сұранысты арттырды. Осы тұрғыдан Google Gemini мәтіндік және визуалды деректерді біріктіріп өңдеуге бағытталған жаңа буын мультимодальды модель ретінде қарастырылады (Gemini Team, Google, 2025; Lee, Shi, et al., 2023). Gemini архитектурасының ерекшелігі – әртүрлі модальділіктер арасында өзара байланысты пайымдауды қолдауы, бұл оны білім беру саласындағы күрделі сценарийлерге, мысалы, түсіндірме беру, код генерациясы, диаграммалармен жұмыс істеу және интерактивті қолдау міндеттеріне бейімдеуге мүмкіндік береді.

Бірқатар зерттеулер Gemini-дің академиялық жазу мен оқу қолдауындағы әлеуетін атап өтеді. Azmi және Fithriani (2025) студенттердің Gemini-ді мәтін құрылымын жетілдіру, байланыстылықты арттыру және жазу сапасын жақсарту құралы ретінде оң бағалағанын көрсетеді. Сонымен бірге Imran және Almusharraf (2024b) Gemini-ді білім берудегі келесі буын AI құралы ретінде сипаттап, оның мультимодальды өзара әрекеттесуге және интерактивті оқытуға қолайлы екеніне назар аударады. Бұл еңбектер Gemini-дің білім алушыларға көмекші құрал ретінде тиімділігін көрсеткенімен, оны нақты бағдарламалық ортаға енгізудің техникалық аспектілерін толық ашпайды.

Gemini-дің маңызды артықшылықтарының бірі – түрлі өлшемдегі модельдер желісі арқылы әртүрлі қолдану сценарийлерін қолдауы. Бұлттық модельдер күрделі аналитикалық және көлемді генерация міндеттеріне бейімделсе, ықшам нұсқалар локальды немесе шеткі құрылғыларда жылдам жауап беруге қолайлы. Осындай икемділік білім беру қосымшалары үшін маңызды, себебі оларда бір жағынан жедел интерфейстік әрекет, екінші жағынан мазмұнды кеңейтілген түрде генерациялау қажеттілігі қатар кездеседі (Gemini Team, Google, 2025). Сондықтан гибриді архитектура, яғни бұлттық және локальды модельдерді қатар пайдалану, білім беру технологияларында перспективалы бағыт ретінде қарастырылуы мүмкін.

Сонымен қатар әдебиеттер Gemini және өзге мультимодальды модельдердің шектеулерін де көрсетеді. Әсіресе визуалды дәлдікке тәуелді жоғары жауапкершілікті міндеттерде, мысалы автоматтандырылған бағалау немесе күрделі визуалды интерпретацияда, нәтижелер әрдайым тұрақты бола бермейді (Fu et al., 2023; Lee, Latif, et al., 2023). Бұл тұжырымдар мультимодальды модельдерді білім беру ортасында пайдаланғанда толық автономиядан гөрі, адам қатысуымен тексерілетін көмекші құрал ретінде қарастырудың орынды екенін көрсетеді.

Кросс-платформалық әзірлеу тұрғысынан алғанда, .NET MAUI білім беру қосымшаларын бірнеше операциялық жүйеге ортақ кодтық база негізінде жасауға мүмкіндік беретін маңызды технологиялық орта болып табылады. Мұндай тәсіл әзірлеу үдерісін жеңілдетіп қана қоймай, цифрлық білім беру шешімдерінің қолжетімділігін, сүйемелденуін және институционалдық ауқымда енгізілуін жақсартады (Blanco and Lucrédio, 2021; Jangassiyev et al., 2025). Алайда қазіргі әдебиеттерде .NET MAUI мен Gemini AI-ді біріктіруге арналған инженерлік зерттеулер саны шектеулі. Әсіресе білім беру контекстінде гибриді архитектура құру, нақты прототип әзірлеу және оның техникалық өнімділігін эмпирикалық жүктемелік тестілеу арқылы бағалау жеткілікті деңгейде қарастырылмаған.

Осылайша, әдебиеттерді талдау мынадай ғылыми олқылықты көрсетеді: білім берудегі Gemini AI-дің жалпы әлеуеті мойындалғанымен, оны .NET MAUI негізіндегі кросс-платформалық қосымшаға кіріктіру, гибриді архитектура тұрғысынан ұйымдастыру және оның техникалық өнімділігін нақты метрикалар арқылы эмпирикалық тексеру бағытындағы зерттеулер жеткіліксіз. Осы олқылық аталған жұмыстың өзектілігін анықтайды және зерттеудің эмпирикалық бағытын негіздейді.

Зерттеу әдістемесі. Бұл зерттеуде жобалау, прототиптеу және эмпирикалық жүктемелік тестілеу тәсілдері қолданылды. Зерттеу екі кезеңнен тұрды. Бірінші кезеңде .NET MAUI негізінде білім беруге арналған кросс-платформалық «зияткерлік кеңесші» қосымшасының архитектурасы әзірленіп, жұмыс істейтін прототипі жасалды. Екінші кезеңде Gemini 2.5 Flash және Gemma 3 (1B) модельдерінің техникалық өнімділігі Windows (WinUI) және Android платформаларында эмпирикалық тұрғыда бағаланды.

Тестілеу үшін әртүрлі күрделіліктегі төрт промпт қолданылды: қысқа түсіндірме сұрағы, техникалық код генерациясы, білім беру логикасына бағытталған сұрақ және күрделі интеграциялық жоспар құру тапсырмасы. Бағалау барысында алғашқы токенге дейінгі уақыт (TTFT), толық кідіріс уақыты, генерация жылдамдығы (TPS), жедел жадты пайдалану және желілік трафик көлемі өлшенді.

Зерттеу толық ауқымды педагогикалық эксперимент ретінде емес, білім беру қосымшасы контекстіндегі техникалық орындылық пен өнімділікті бағалауға бағытталған эмпирикалық зерттеу ретінде қарастырылады. Алынған нәтижелер әртүрлі модельдердің нақты қолдану сценарийлеріне сәйкестігін анықтау үшін салыстырмалы түрде талданды.

Эмпирикалық бағалау аясында Windows платформасында 4 тестілік сценарий, ал Android платформасында 8 тестілік сценарий орындалды. Кестелерде әр сценарий бойынша тіркелген нақты өлшеу нәтижелері берілді. Бұл тестілеу пилоттық техникалық бағалау сипатында жүргізілді және модельдердің салыстырмалы өнімділік профилін анықтауға бағытталды. Тестілеу .NET MAUI негізінде әзірленген бірдей қолданбалы ортада жүргізіліп, модельдер бірдей промпттық сценарийлер арқылы салыстырылды.

Зерттеу нәтижелері. Зерттеу нәтижелері екі бағытта ұсынылады: біріншісі – жүйенің архитектуралық жүзеге асырылуы, екіншісі – эмпирикалық жүктемелік тестілеу нәтижелері.

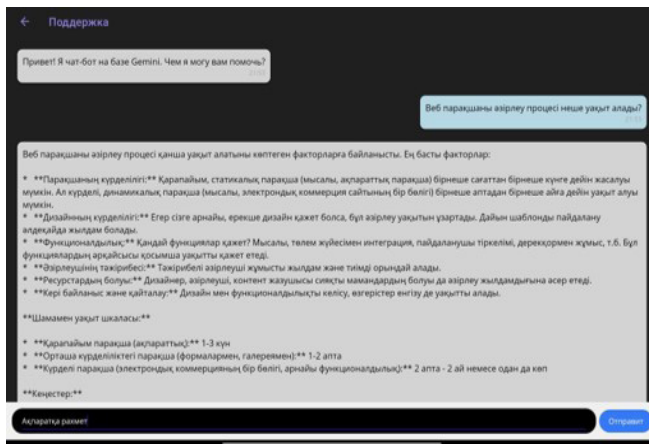
1. Жүйенің архитектурасы және жүзеге асырылуы. .NET MAUI платформасы Windows, Android, iOS және macOS жүйелеріне арналған кросс-платформалық қосымшаларды бірыңғай C# кодтық базасы негізінде әзірлеуге мүмкіндік береді. Бұл тәсіл білім беру ұйымдары үшін цифрлық шешімдерді енгізу мен сүйемелдеуді жеңілдетеді, сондай-ақ әртүрлі операциялық жүйелерде бірдей логиканы сақтауға жағдай жасайды (Jangassiyev et al., 2025). Сонымен қатар мобильді және шеткі ортада есептеу қуатының шектеулілігі, жад көлемінің аздығы және желі тұрақтылығы ірі мультимодальды модельдерді тікелей пайдалануды қиындатады. Осыған байланысты зерттеуде бұлттық және локальды өндеуді біріктіретін гибриді архитектуралар қолданылды. Ұсынылған архитектураларда күрделі және көлемді мазмұнды генерациялауды қажет ететін сұраныстар бұлттық модельдерге бағытталады, ал жедел жауап пен локальды өндеуді талап ететін сценарийлер үшін ықшам модельдерге басымдық беріледі. Мұндай тәсіл жауап беру жылдамдығы, ресурстарды пайдалану және деректер құпиялылығы арасындағы теңгерімді сақтауға мүмкіндік береді. Гибриді стратегияның жалпы логикасы 1-кестеде көрсетілген. Практикалық жүзеге асыру аясында Windows және Android платформаларына арналған «зияткерлік кеңесші» қосымшасының жұмыс істейтін прототипі әзірленді. Қосымшада Gemini API-ге негізделген сұраныс өндеу модулі, көптілді интерфейс, Firebase Authentication арқылы аутентификация, қонақ режимі және Text-to-Speech функциялары енгізілді. Бұл шешімнің интерфейстік көріністері 1–4-суреттерде берілген. Қосымшаның негізгі мақсаты – білім беру және консультациялық сұраныстарды өндеп, пайдаланушыға құрылымдалған жауап ұсыну. Көптілді қолдау қазақ және орыс тілдеріндегі өзара әрекеттесуді қамтамасыз етеді. Қонақ режимі пайдаланушыларға жеке деректерді міндетті түрде енгізбей-ақ қосымшаның негізгі функцияларын пайдалану мүмкіндігін береді. Ал қаріп өлшемін өзгерту мен мәтінді дыбыстау функциялары жүйенің инклюзивтілік деңгейін арттырады.

Кесте 1 — .NET MAUI негізіндегі білім беру қосымшасы үшін модельдерді орналастыру логикасы

Модель нұсқасы	Негізгі мақсатты қолданыс	Негізгі мүмкіндік	Орналастыру стратегиясы	Қолдану негіздемесі
Gemini 2.5 Flash	Күрделі аналитикалық және көлемді генерация міндеттері	Жоғары өнімділік, кең мазмұн генерациясы	Бұлттық API	Ұзын мәтін, код және күрделі жоспар құру міндеттері үшін тиімді
Gemma 3 (1B)	Жылдам бастапқы жауап және ықшам өндеу	Төмен кідіріс, жеңілдетілген инференс	Локальды/ шеткі өндеу	Жедел интерфейстік әрекет пен локальды сценарийлерге қолайлы

Ескертпе – кесте авторлар ұсынған гибриді архитектура логикасы негізінде құрастырылды.

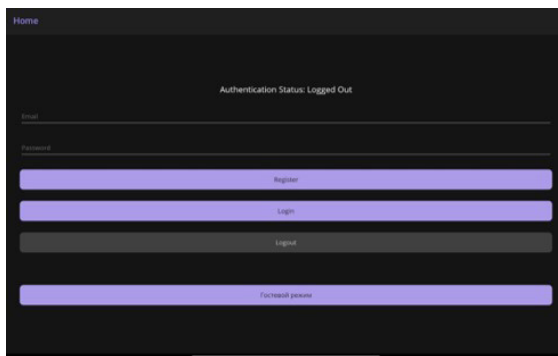
Ұсынылған архитектураның техникалық тұрғыдан жүзеге асырылу мүмкіндігін растау және үлкен тілдік модельдерді (LLM) кросс-платформалық ортаға интеграциялау мүмкіндіктерін көрсету мақсатында, зерттеу аясында үлгілік кеңесші-қосымша әзірленді. Бұл әзірлеме Android, iOS, macOS және Windows операциялық жүйелері үшін бірыңғай код базасын құруды көрсете отырып, Google бұлттық сервистерімен байланыста .NET Multi-platform App UI (.NET MAUI) құралдарын сынақтан өткізуге арналған практикалық полигон қызметін атқарды.



Сурет 1 – Gemini негізіндегі зияткерлік көмекшінің интерфейсі: қазақ тіліндегі сұрауды өңдеу және құрылымдалған жауап беру мысалы

Ескертпе – сурет авторлар әзірлеген қосымшаның интерфейсінен алынған.

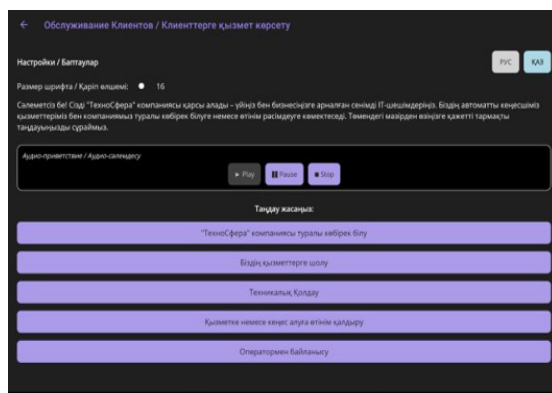
Қосымшаның орталық инновациялық элементі REST API шақырулары арқылы жүзеге асырылған Google Gemini моделі негізіндегі чат-ботты интеграциялау болды. Бұл модуль техникалық сұрауларды өңдеуге және контекстке негізделген, автоматтандырылған жауаптарды ұсынуға қабілетті зияткерлік көмекші қызметін атқарады. Білім беру және консультациялық міндеттер контекстінде жүйенің көптілді ортада жұмыс істеу қабілеті аса маңызды болып табылады. Әзірленген шешім тілдер арасында (орыс және қазақ) динамикалық ауысуды қолдайды, бұл Gemini моделіне сұрауларды дұрыс түсіндіруге және пайдаланушы таңдаған тілде толыққанды жауаптарды жасауға мүмкіндік береді. Мысалы, қазақ тілінде веб-парақшаны әзірлеу мерзімдері туралы сұрау кезінде жүйе күрделі ақпаратты оңай қабылданатын сегменттерге бөле отырып, құрылымдалған әрі маркерленген жауап ұсынады (1-сурет), бұл когнитивті скаффолдинг (cognitive scaffolding) принциптеріне сәйкес келеді.



Сурет 2 – Аутентификация экраны: Firebase арқылы кіру және «Қонақ режимін» (Guest Mode) таңдау мүмкіндігі

Ескертпе – сурет авторлар әзірлеген аутентификация модулінің интерфейсінен алынған.

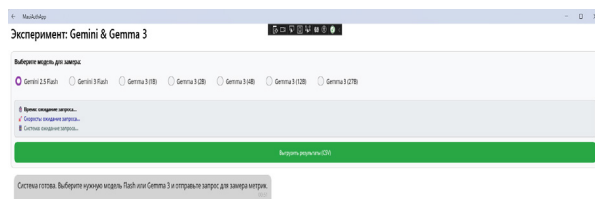
Деректерді сақтау сенімділігін және сессияларды басқаруды қамтамасыз ету үшін Google Firebase қолданылған гибридіті архитектура енгізілді. Пайдаланушылардың аутентификациясы Firebase Authentication арқылы жүзеге асырылып, тіркелген қызметкерлер үшін толық қолжетімділікті, сондай-ақ клиенттер үшін «Қонақ режимін» (Guest Mode) қолдайды (2-сурет). Қонақ режимін енгізудің білім беру технологиялары (EdTech) үшін маңызы зор, себебі ол кіру кедергісін төмендетеді және пайдаланушыларға жеке деректерді (PII) беру қажеттілігінсіз негізгі кеңес беру функцияларына қол жеткізуге мүмкіндік береді, бұл құпиялылық саясатының талаптарына сәйкес келеді. Өтінімдер бойынша деректерді жинау валидацияланатын формалар арқылы жүзеге асырылады, олар REST API арқылы құрылымдалған ақпаратты (аты-жөні, байланыс деректері, қызмет түрі) кейінгі өңдеу үшін Firebase NoSQL дерекқорына қауіпсіз түрде жібереді.



Сурет 3 – Қосымшаның баптаулар және қызмет көрсету интерфейсі: инклюзивтілік функциялары (TTS, қаріп өлшемі) және тілді ауыстыру

Ескертпе – сурет авторлар әзірлеген баптаулар интерфейсінен алынған.

Интерфейсті (UI) әзірлеу қолжетімділік принциптерін ескере отырып жүргізілді, бұл қазіргі заманғы білім беру платформалары үшін маңызды талап болып табылады. Қосымша оқылымды жақсарту үшін қаріп өлшемін баптау функцияларын және мәтінді сөзге айналдыру (TTS) сервистерін интеграциялауды қамтиды (3-сурет). TTS модулі сәлемдесу хабарламалары мен ақпараттық блоктарды дыбыстауға қабілетті, бұл ақпаратты қабылдаудың баламалы аудиалды арнасын ұсынады және көру қабілеті бұзылған немесе аудиалды оқуды қалайтын пайдаланушылар үшін қосымшаның қолжетімділігін айтарлықтай арттырады.



Сурет 4 – Gemini 2.5 Flash және Gemma 3 модельдерін тестілеу стенді.

Ескертпе – сурет авторлар әзірлеген эмпирикалық тестілеу стендінің интерфейсін көрсетеді.

Эксперимент жүргізу мақсатында .NET MAUI негізінде арнайы қосымша әзірленді. 4-суретте көрсетілгендей, Gemini 2.5 Flash және Gemma 3 модельдерін тестілеу стенді құрылды. Бұл интерфейс пайдаланушыға қажетті модельді (соның ішінде Gemma 3-тің әртүрлі параметрлі нұсқаларын: 1B, 2B, 12B т.б.) таңдауға және метрикаларды өлшеуге мүмкіндік береді.

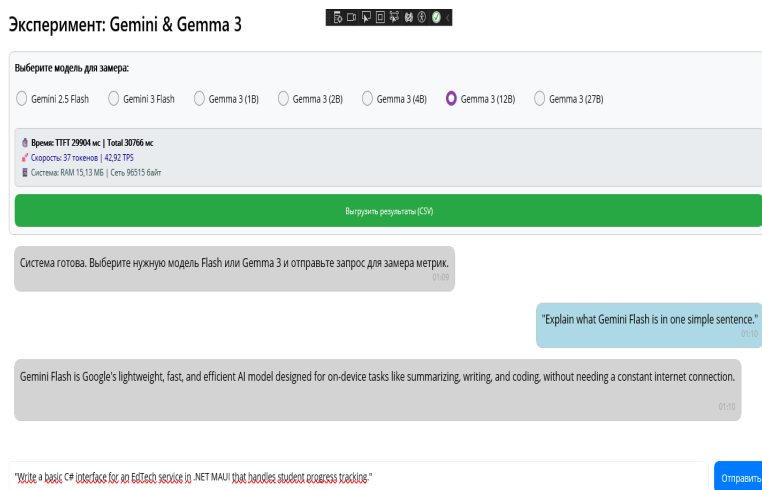
2. Эмпирикалық жүктемелік тестілеу нәтижелері. Тестілеудің мақсаты гибриді архитектура жағдайында әртүрлі модельдердің техникалық мінез-құлқын салыстыру болды. Ұсынылған архитектураны тексеру үшін Windows және Android платформаларына арналған «зияткерлік кеңесші» прототипі әзірленді. Прототипте Gemini API-ге негізделген сұраныс өңдеу модулі, көптілі интерфейс, Firebase арқылы аутентификация және TTS функциялары енгізілді. Бағалау Windows (WinUI) және Android платформаларында жүргізілді. Өлшенген негізгі метрикалар: алғашқы токенге дейінгі уақыт (TTFT), толық кідіріс уақыты, генерация жылдамдығы (TPS), жедел жадты пайдалану және желілік трафик көлемі.

Тестілеуге қолданылған промпттар 2-кестеде берілген. Олар қысқа түсіндірме сұрағынан бастап техникалық код генерациясы мен күрделі интеграциялық жоспарға дейінгі әртүрлі сценарийлерді қамтиды.

Кесте 2 – Gemini API мүмкіндіктерін бағалауға арналған промпттар тізімі

ID	Түрі	Промпт
P1	Short (Latency)	"Explain what Gemini Flash is in one simple sentence."
P2	Technical (Code)	"Write a basic C# interface for an EdTech service in .NET MAUI that handles student progress tracking."
P3	EdTech (Logic)	"List 5 ways AI can improve remote learning for high school students in rural areas."
P4	Complex (Full)	"Create a detailed technical plan for integrating Gemini API into a .NET MAUI mobile app. Include steps for secure API key storage, managing network latency, and implementing a UI loading state for streaming responses."

Ескертпе – тестілеу промпттары авторлар тарапынан эмпирикалық бағалау мақсатында құрастырылды.



Сурет 5 – Gemini және Gemma 3 модельдерін Windows платформасында салыстырмалы тестілеу.

Ескертпе – сурет Windows платформасындағы тестілеу процесінің авторлар тіркеген көрінісін береді.

Бірінші кезеңде тестілеу Windows (WinUI) экожүйесінде жүзеге асырылды. 5-суретте Gemini және Gemma 3 модельдерін Windows платформасында салыстырмалы тестілеу процесінің барысы мен интерфейсі бейнеленген.

Windows платформасындағы нәтижелер 3-кестеде келтірілген. Алынған деректер Gemini 2.5 Flash моделінің көлемді мазмұн генерациясында жоғары өнімділік көрсететінін айқындады. Атап айтқанда, P2 сұранымы бойынша TPS көрсеткіші 228,63-ке жетті. Сонымен бірге TTFT мәні 4560–9235 мс

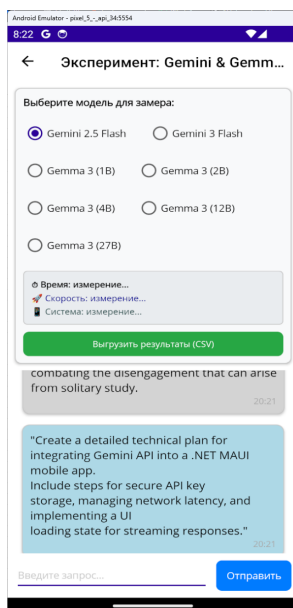
аралығында өзгерді, яғни бұл модель бастапқы жауап беру уақыты бойынша баяулау болғанымен, ұзын және күрделі мазмұнды жылдам құрастыра алады.

Кесте 3 – Windows платформасындағы Gemini 2.5 Flash моделінің өнімділік көрсеткіштері

Platform	ModelName	Prompt Length Chars	TTFT_ ms	TotalLatency_ ms	Tokens Count	TPS	Ram Used Mb	Network Bytes Delta
WinUI	Gemini 2.5 Flash	54	4560	4719	27	169,81	1,234	27006
WinUI	Gemini 2.5 Flash	103	8387	24999	3798	228,63	0	154080
WinUI	Gemini 2.5 Flash	85	6795	9614	482	170,98	0,254	63959
WinUI	Gemini 2.5 Flash	219	9235	38728	6412	217,41	0	242351

Ескертпе – деректер авторлар жүргізген Windows (WinUI) платформасындағы эмпирикалық жүктемелік тестілеу нәтижелері негізінде алынған.

3-кесте нәтижелері Windows платформасында Gemini 2.5 Flash моделінің ұзын жауаптарды құрастыруда жоғары өткізу қабілетін көрсеткенімен, бастапқы жауап беру уақытының салыстырмалы түрде жоғары екенін аңғартады.



Сурет 6 – Gemini және Gemma 3 модельдерін Android платформасында салыстырмалы тестілеу.

Ескертпе – сурет Android платформасындағы тестілеу процесінің авторлар тіркеген көрінісін береді.

Екінші кезеңде дәл осы метрикалар мобильді ортада өлшенді. 6-суретте Gemini және Gemma 3 модельдерін Android платформасында салыстырмалы тестілеу көрінісі берілген.

Android платформасындағы нәтижелер 4-кестеде берілген. Бұл ортада Gemini 2.5 Flash пен Gemma 3 (1B) модельдері арасында айқын айырмашылық байқалды. Gemma 3 (1B) TTFT көрсеткіші бойынша басымдық танытып, 566–1062 мс аралығында нәтиже көрсетті. Ал Gemini 2.5 Flash үшін осы көрсеткіш 6478–8985 мс аралығында тіркелді. Демек, Gemma 3 (1B) жедел бастапқы жауап қажет болатын интерфейстік сценарийлер үшін қолайлы.

Сонымен қатар TPS көрсеткіші бойынша керісінше жағдай байқалды: Gemini 2.5 Flash 125–231 аралығында нәтиже көрсетсе, Gemma 3 (1B) үшін бұл мән 31–42 аралығында қалды. Бұл бұлттық модельдің көлемді және күрделі мазмұн генерациясы үшін тиімді екенін көрсетеді.

Кесте 4 – Android платформасындағы Gemini 2.5 Flash, Gemma 3(1B) модельдерінің өнімділік көрсеткіштері

Platform	ModelName	Prompt Length Chars	TTFT_ ms	TotalLatency_ ms	Tokens Count	TPS	Ram Used Mb	Network Bytes Delta
Android	Gemini 2.5 Flash	54	6478	6662	23	125.00	32.078	20156
Android	Gemini 2.5 Flash	104	8985	26178	3975	231.20	1.750	96263
Android	Gemini 2.5 Flash	85	8253	11442	572	179.37	1.000	18879
Android	Gemini 2.5 Flash	221	8566	35760	5596	205.78	1.176	136260
Android	Gemma 3 (1B)	54	566	1594	44	42.80	0.344	32095
Android	Gemma 3 (1B)	104	935	51384	1595	31.62	0.887	962017
Android	Gemma 3 (1B)	85	899	18378	634	36.27	1.375	387057
Android	Gemma 3 (1B)	221	1062	42621	1566	37.68	0.609	950274

Ескертпе – деректер авторлар жүргізген Android платформасындағы эмпирикалық жүктемелік тестілеу нәтижелері негізінде алынған.

4-кесте нәтижелері Android платформасында Gemma 3 (1B) моделінің бастапқы жауап беру жылдамдығы бойынша басымдығын, ал Gemini 2.5 Flash моделінің жалпы генерация өнімділігі бойынша артықшылығын айқындайды. Gemma 3 (1B) үшін тіркелген желілік трафик көлемі салыстырмалы түрде жоғары болды. Бұл көрсеткіш толық бұлттық инференспен емес, тестілеу ортасының сервистік алмасуларымен, модельді инициализациялауымен немесе аралық қызметтік қабаттардың жұмысымен байланысты болуы мүмкін. Сондықтан NetworkBytesDelta көрсеткіші модельдің ішкі ерекшелігін ғана емес, қолданылған архитектуралық ортаның да әсерін қамтиды.

Екінші жағынан, егер жүйе көлемді мәтіндерді, кодтарды немесе күрделі аналитикалық жоспарларды (мысалы, 2-кестедегі P4 промпты) генерациялауды қажет етсе, Gemini 2.5 Flash моделінің жоғары өткізу қабілеті (TPS > 200) бастапқы кешігуді (TTFT) толықтай ақтайды.

Жүргізілген эксперимент нәтижелері .NET MAUI платформасында жасанды интеллект қызметтерін интеграциялаудың тиімділігін дәлелдейді. Модельді таңдау жобаның нақты талаптарына негізделуі тиіс: максималды жауап беру жылдамдығы қажет болса – Gemma 3 (1B), ал үлкен көлемдегі деректерді жылдам өңдеу қажет болса – Gemini 2.5 Flash моделін пайдалану оңтайлы шешім болып табылады. Келесі зерттеу жұмыстарында Gemma 3 моделінің желілік трафикті тұтыну ерекшеліктерін оңтайландыру мәселесін қарастыру ұсынылады.

Осылайша, құрылған қосымша жай ғана бағдарламалық артефакт емес, сонымен қатар озық ЖИ-сервистерін өрістетуге арналған қабықша ретінде .NET MAUI-ді пайдалану тиімділігінің эмпирикалық дәлелі болып табылады. Ол ұсынылған технологиялық стек күрделі коммуникативтік және когнитивтік тапсырмаларды шешу үшін Gemini мүмкіндіктерін біріктіретін, өнімді, қауіпсіз және интуитивті түсінікті кросс-платформалық шешімдерді құруды қамтамасыз ете алатынын растайды.

Нәтижелерді интерпретациялау. Алынған нәтижелер модельдердің қолдану сценарийлері әртүрлі екенін көрсетті. Gemma 3 (1B) төмен TTFT мәні арқылы жедел жауап беруді талап ететін чат-кеңесші, қысқа сұраныстар және локальды өңдеу жағдайларында артықшылық көрсетті. Ал Gemini 2.5 Flash жоғары TPS мәні арқылы ұзын түсіндірме мәтіндер, код генерациясы және күрделі аналитикалық мазмұн құрастыруда тиімді болды.

Білім беру қосымшалары үшін бұл айырмашылық практикалық мәнге ие. Жылдам бастапқы жауап студентпен интерактивті диалог орнатуда маңызды болса, жоғары өткізу қабілеті оқыту материалдарын кеңейтілген түрде құруда маңызды. Осыған сәйкес гибриді архитектура нақты міндетке қарай модельді бағыттауға мүмкіндік береді: жедел жауап пен локальды құпиялылық қажет болғанда жеңілдетілген модельді, ал көлемді мазмұн мен күрделі өңдеу қажет болғанда бұлттық модельді қолдану орынды. Осы интерпретацияны қорытындылау үшін 5-кесте ұсынылады.

Кесте 5 – Gemini 2.5 Flash пен Gemma 3 (1B) модельдерінің салыстырмалы техникалық профилі

Критерий	Gemini 2.5 Flash	Gemma 3 (1B)	Практикалық қорытынды
TTFT	Жоғарырақ	Төмен	Жедел бастапқы жауап үшін Gemma 3 (1B) тиімді
TPS	Жоғары	Орташа	Ұзын және күрделі мазмұн генерациясы үшін Gemini 2.5 Flash тиімді

Жедел жадты пайдалану	Тұрақты	Тұрақты	Екі модель де сынақ ортасында жұмысқа қабілетті
Желілік тәуелділік	Бұлттық инфрақұрылымға тәуелді	Тестілеу ортасының конфигурациясына тәуелді	Қолдану ортасына қарай қосымша оңтайландыру қажет
Ұсынылатын қолдану сценарийі	Күрделі аналитика, код, көлемді мазмұн	Жылдам чат-жауап, локальды өңдеу	Гибридті бағыттау ең орынды шешім

Ескертпе – кесте 3 және 4-кестелердегі эмпирикалық нәтижелерді жинақтау негізінде авторлар тарапынан құрастырылды.

Талқылау. Қолданыстағы әдебиеттерде көрсетілгендей, мультимодальды модельдер жалпы пайымдау мен мәтіндік қолдауда жоғары әлеует танытқанымен, визуалды дәлдікке тәуелді жоғары жауапкершілікті міндеттерде тұрақты сенімділік әрдайым қамтамасыз етілмейді (Fu et al., 2023; Lee, Latif, et al., 2023). Ұсынылған гибридті архитектураның эмпирикалық нәтижелері .NET MAUI негізіндегі білім беру қосымшаларында мультимодальды модельдерді бірыңғай тәсілмен емес, міндет сипатына қарай бейімдеп қолданудың тиімді екенін көрсетті. Зерттеу барысында Gemini 2.5 Flash пен Gemma 3 (1B) модельдерінің техникалық артықшылықтары әртүрлі екені анықталды: Gemma 3 (1B) төмен TTFT мәні арқылы жедел интерфейстік әрекетке қолайлы болса, Gemini 2.5 Flash жоғары TPS көрсеткіші арқылы көлемді және күрделі мазмұн генерациясында басымдық танытты. Бұл айырмашылық білім беру қосымшаларында модель таңдауының тек жалпы қабілетке емес, нақты қолдану сценарийіне негізделуі тиіс екенін дәлелдейді.

Осы тұрғыдан алғанда, .NET MAUI ортасында іске асырылған гибридті архитектура техникалық жағынан орынды шешім болып табылады. Кросс-платформалық орта қосымшаны бірнеше операциялық жүйеде бір кодтық база негізінде пайдалануға мүмкіндік берсе, гибридті бағыттау стратегиясы жылдамдық, өнімділік және құпиялылық арасындағы практикалық теңгерімді сақтауға жағдай жасайды. Әсіресе локальды немесе шеткі өңдеуді қажет ететін міндеттер үшін жеңілдетілген модельдерді қолдану пайдаланушы деректерін қорғау тұрғысынан да маңызды артықшылық береді.

Сонымен бірге зерттеу нәтижелері мультимодальды модельдерді білім беруде қолданудың шектеулерін де растайды. Сондықтан білім беру ортасында мұндай жүйелерді толық автономды бағалаушы ретінде емес, оқыту мен кеңес беруді қолдайтын интеллектуалды көмекші ретінде қарастыру орынды.

Бұл қорытынды академиялық адалдық пен жауапты қолдану мәселелерін де алдыңғы орынға шығарады. Мультимодальды модельдер мәтін құруды, мазмұнды құрылымдауды және идея генерациясын жеңілдеткенімен, олардың бақылаусыз қолданылуы плагиат, мазмұнның бірізденуі және студенттің сыни ойлау белсенділігінің төмендеуі сияқты тәуекелдерге әкелуі мүмкін (Aktay et al., 2023; Perera and Lankathilaka, 2023). Осыған байланысты білім беру мекемелерінде human-in-the-loop қағидатын сақтау, яғни AI нәтижелерін адам тарапынан міндетті түрде тексеру, негізгі талаптардың бірі болуы тиіс.

Тағы бір маңызды мәселе – институционалдық саясаттың жеткіліктілігі. Қазіргі көптеген академиялық ережелер мәтіндік генерациямен байланысты тәуекелдерге көбірек бағытталғанымен, мультимодальды модельдердің сурет, диаграмма, код және аралас мазмұнмен жұмыс істеу ерекшеліктерін толық қамтымайды. Сондықтан саясатты тек мәтіндік плагиатпен шектемей, мультимодальды мазмұнды қолдану, авторлықты көрсету, деректер құпиялылығы және алгоритмдік біржақтылық сияқты мәселелерді қамтитындай кеңейту қажет.

Жалпы алғанда, зерттеу нәтижелері білім беру қосымшаларында Gemini AI-ді интеграциялау мәселесі тек техникалық тиімділікпен шектелмейтінін көрсетті. Оның табысты енгізілуі үшін архитектуралық шешім, қолдану сценарийіне сәйкес модель таңдау, академиялық адалдық саясаты және пайдаланушылардың AI сауаттылығы біртұтас қарастырылуы керек. Осы мәселелерді жүйелеу үшін 6-кестеде білім беру қосымшаларында мультимодальды модельдерді орналастыруға қатысты негізгі этикалық және саяси қиындықтар жинақталған.

Кесте 6 – Білім беру қосымшаларында мультимодальды модельдерді орналастырудың этикалық және саяси негіздемесі

Этикалық/ Саяси қиындық	LMM мүмкіндігі мен тәуекелі	Білім беруге әсері	Міндетті саяси шара
Академиялық адалдық және түпнұсқалық	Мазмұнды генера- циялау және күр- делі парафразалау; мәтінді анықтау- дан жалтару.	Плагиат қаупінің жоғары болуы және сыни, түпнұсқа ойлау дағдыларының төмендеуі.	Бағалауды қайта жобалау (үдеріске/көзбе-көз қатысуға назар аудару); жаппай ЖИ са- уаттылығын үйрету; міндетті авторлықты көрсету нұсқау- лықтары.
Мульти- модальды алгоритмдік біржақтылық (Bias)	Өртүрлі деректер жиынтығында оқыту (Gemini табиғи мультимодальды).	Әсіресе диаграмма- лар, қолжазба немесе аз ресурсты тілдік медиа үшін әділетсіз/ бұрмаланған авто- матты бағалау қаупі.	ЖИ шешім қабылдауында ашықтықты міндеттеу; VQA жүйелерінде қатаң біржақтылық талдауы.
Деректер құпиялылығы және қауіпсіздік	Сезімтал студент деректерін/ суреттерін (PII) өңдеу; Бұлттық API-ге тәуелділік.	Академиялық жазбалар мен мінез- құлық деректерінің ашық болуы.	Деректерді қорғаудың қатаң шаралары; бұлттық тасымалдау тәуекелдерін азайту үшін құрылғыда өңдеуге (Gemini Nano) баса назар аудару.
Шектен тыс тәуелділік және галлюцинация	Жылдам, сенімді, бірақ ықтимал қате немесе ойдан шығарылған жауаптарды құру.	Тәуелсіз мәселелерді шешу дағдыларын жоғалту; академиялық жұмыста жалған ақпарат тарату.	Тексеру мен дереккөзге күмәнмен қарауға ықпал ететін педагогикалық өзгеріс; оқытушылар LMM шектеу- лерін және дереккөзді көрсет- уді үйретуі керек.

Ескертпе – кесте авторлар жүргізген талдау және әдебиеттерде көрсетілген тәуекелдер мен басқару шараларын жүйелеу негізінде құрастырылды.

Білім беру контекстінде LMM-дерді орналастыру қазіргі уақытта ішкі технологиялық шектеулермен шектелген. Зерттеу іргелі модель мәселелерінің сақталуын, әсіресе галлюцинация феноменін және Gemini Pro-ның VQA өнімділігі кезінде байқалған мультимодальды транскрипция қателеріне тән осалдықты мойындайды (Lee, Latif, et al., 2023). Бұл шектеулер автоматтандырылған жоғары жауапкершілікті қосымшалардың сенімділігін төмендетеді.

Болашақ зерттеулер бірнеше бағытта жалғасуы тиіс. Біріншіден, .NET MAUI ортасында қолдану сценарийіне қарай модельдерді динамикалық түрде бағыттайтын интеллектуалды басқару қабатын жетілдіру қажет. Екіншіден, білім беру контекстінде AI құралдарын ұзақ мерзімді қолданудың студенттердің когнитивтік дамуына, дербестігіне және оқу стратегияларына әсерін эмпирикалық зерттеу маңызды. Үшіншіден, мультимодальды модельдердің визуалды дәлдікке тәуелді тапсырмалардағы тұрақтылығын арттыру бағытындағы техникалық зерттеулер жалғасуы тиіс. Төртіншіден, білім беру мекемелері, әзірлеушілер және реттеуші құрылымдар арасында жауапты қолдануға арналған бірыңғай институционалдық ұсынымдар жүйесін қалыптастыру қажет.

Зерттеудің шектеулері ретінде бірнеше жағдайды атап өткен жөн. Біріншіден, эмпирикалық бағалау пилоттық техникалық тестілеу форматында жүргізілді және шектеулі сценарийлер санын қамтыды. Екіншіден, зерттеу білім беру контекстіндегі пайдаланушылық тәжірибені немесе педагогикалық нәтижелілікті емес, негізінен техникалық өнімділікті бағалауға бағытталды. Үшіншіден, алынған желілік трафик көрсеткіштері тек модель қасиеттерін ғана емес, қолданылған инфрақұрылымдық ортаның әсерін де қамтуы мүмкін.

Қорытынды. Бұл зерттеу .NET MAUI кросс-платформалық фреймворкі мен Google Gen AI SDK негізінде білім беруге арналған Gemini AI интеграциясының техникалық орындылығын эмпирикалық түрде растады. Зерттеу аясында Windows және Android платформаларына арналған «зияткерлік кеңесші» қосымшасының жұмыс істейтін прототипі әзірленіп, бұлттық және локальды өңдеуді үйлестіретін гибриді архитектура ұсынылды.

Жүргізілген жүктемелік тестілеу нәтижелері Gemini 2.5 Flash пен Gemma 3 (1B) модельдерінің қолдану сценарийлері әртүрлі екенін көрсетті. Gemma 3 (1B) төмен TTFT көрсеткіші арқылы жедел бастапқы жауапты қажет ететін интерфейстік және локальды өңдеу міндеттерінде тиімді болды. Ал Gemini 2.5 Flash жоғары TPS көрсеткіші арқылы көлемді мәтіндер, код және күрделі аналитикалық мазмұн генерациясында басымдық танытты. Бұл нәтижелер білім беру қосымшаларында бірыңғай модельді емес, міндет сипатына қарай бағытталатын гибриді архитектураны қолдану орынды екенін дәлелдейді.

Сонымен қатар зерттеу техникалық тиімділік пен білім беру тұрғысындағы жауапты қолдану мәселелерінің өзара тығыз байланысты екенін көрсетті. Мультимодальды модельдер оқу қолдауын күшейте алғанымен, жоғары жауапкершілікті бағалау, визуалды интерпретация және автоматтандырылған

шешім қабылдау міндеттерінде олардың шектеулері сақталады. Осыған байланысты мұндай жүйелерді толық автономды бағалау құралы ретінде емес, адам бақылауымен жұмыс істейтін интеллектуалды көмекші ретінде қарастырған дұрыс.

Зерттеу нәтижелері негізінде бірнеше практикалық қорытынды ұсынылады. Біріншіден, білім беру мекемелерінде human-in-the-loop қағидаты міндетті түрде сақталуы тиіс. Екіншіден, студент деректерінің құпиялылығын күшейту үшін локальды өңдеуге басымдық беретін гибриді архитектураны пайдалану орынды. Үшіншіден, мультимодальды AI құралдарын енгізу академиялық адалдық, авторлықты көрсету және жауапты қолдану ережелерімен қатар жүруі керек. Болашақ зерттеулерде модельдерді динамикалық бағыттау тетіктерін жетілдіру, локальды модельдердің желілік және ресурстық сипаттарын оңтайландыру, сондай-ақ білім беру контексіндегі ұзақ мерзімді педагогикалық әсерді эмпирикалық тұрғыда бағалау маңызды бағыт болып қала береді.

References

- Aktay S., Gök S., and Uzunoğlu D. (2023) ChatGPT in education. *Türk Akademik Yayınlar Dergisi (TAY Journal)*, 7(2). — P. 378–406. <https://doi.org/10.29329/tayjournal.2023.543.03> (in Eng.)
- Akter S.N., Yu Z., Muhamed A., Ou T., Bäuerle A., Cabrera Á.A., Dholakia K., Xiong C., and Neubig G. (2023) *An in-depth look at Gemini's language abilities*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.11444> (in Eng.)
- Ali A.H., Alajanbi M., Yaseen M.G., and Abed S.A. (2023) Chatgpt4, DALL·E, Bard, Claude, BERT: Open possibilities. *Babylonian Journal of Machine Learning*, 2023. — P. 17–18. <https://doi.org/10.58496/BJML/2023/003> (in Eng.)
- Azmi K., and Fithriani R. (2025) Students' perceptions of Gemini AI effectiveness in academic writing. *IDEAS: Journal of Language Teaching and Learning, Linguistics and Literature*, 13(1). — P. 74–93. <https://doi.org/10.24256/ideas.v13i1.6278> (in Eng.)
- Badshah A., Rehman G.U., Farman H., Ghani A., Sultan S., Zubair M., and Nasralla M.M. (2023) Transforming educational institutions: Harnessing the power of Internet of Things, Cloud, and Fog computing. *Future Internet*, 15. — 367 p. <https://doi.org/10.3390/fi15110367> (in Eng.)
- Fu C., Zhang R., Wang Z., Huang Y., Zhang Z., Qiu L., Ye G., Shen Y., Zhang M., Chen P., Zhao S., Lin S., Jiang D., Yin D., Gao P., Li K., Li H., and Sun X. (2023) *A challenger to GPT-4V? Early explorations of Gemini in visual expertise*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.12436> (in Eng.)
- Gemini Team, Google. (2025) *Gemini: A family of highly capable multimodal models*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.11805> (in Eng.)
- Imran M., and Almusharraf N. (2023) Analyzing the role of ChatGPT as a writing assistant at higher education level: A systematic review of the literature. *Contemporary Educational Technology*, 15(4), ep464. <https://doi.org/10.30935/cedtech/13605> (in Eng.)
- Imran M., and Almusharraf N. (2024a) Digital learning demand and applicability of Quality 4.0 for future education: A systematic review. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 14(4). — P. 38–53. <https://doi.org/10.3991/ijep.v14i4.48847> (in Eng.)
- Imran M., and Almusharraf N. (2024b) Google Gemini as a next generation AI educational tool: A review of emerging educational technology. *Smart Learning Environments*, 11(22). <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00310-z> (in Eng.)
- Koubaa A., Boulila W., Ghouti L., Alzahem A., and Latif S. (2023) Exploring ChatGPT capabilities and limitations: A survey. *IEEE Access*, 11. — P. 118698–118721. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3326474> (in Eng.)

Lee G.-G., Latif E., Shi L., and Zhai X. (2023) *Gemini Pro defeated by GPT-4V: Evidence from education*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.08660> (in Eng.)

Lee G.-G., Shi L., Latif E., Gao Y., Bewersdorf A., Nyaaba M., Guo S., Wu Z., Liu Z., Wang H., Mai G., Liu T., and Zhai X. (2023) *Multimodality of AI for education: Towards Artificial General Intelligence*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.06037> (in Eng.)

Perera P., and Lankathilaka M. (2023) Preparing to revolutionize education with the multi-model GenAI tool Google Gemini? A journey towards effective policy making. *Journal of Advances in Education and Philosophy*, 7(8). — P. 246–253. <https://doi.org/10.36348/jaep.2023.v07i08.001> (in Eng.)

Jangassiyev R., Umarova Zh., Ussenova A., Makhanova Z., Zhumatayev N., Amirov M., and Koishibekova G. Comparative analysis of cross-platform development methodologies: a comprehensive study. // *TELKOMNIKA Telecommunication Computing Electronics and Control*, 2025, 23(1). — P. 108–118. doi: <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v23i1.26331> (in Eng.)

Kotmungkun S., Chompurach W., and Thaksanan P. (2024) OpenAI ChatGPT vs Google Gemini: A study of AI chatbots' writing quality evaluation and plagiarism checking. *English Language Teaching Educational Journal*, 7(2). — P. 90–108. <https://doi.org/10.12928/eltej.v7i2.11572> (in Eng.)

M Arli Rusandi, Ahman, Ipah Saripah, Deasy Yunika Khairun, Mutmainnah, No worries with ChatGPT: building bridges between artificial intelligence and education with critical thinking soft skills, *Journal of Public Health*, Volume 45, Issue 3, September 2023, Pages e602–e603, <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdad049> (in Eng.)

Blanco J.Z., and Lucrédio D.A holistic approach for cross-platform software development. *Journal of Systems and Software*, 2021, 179, 110985 6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.110985> (in Eng.)

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The Central Asian Academic Research Center LLP follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the Central Asian Academic Research Center LLP.

The Editorial Board of the Central Asian Academic Research Center LLP will monitor and safeguard publishing ethics.

Requirements for articles design for publication in the journal are available on the websites:

**www.nauka-nanrk.kz
<http://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>
ISSN2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)**

Managing Editor: *A.Shormakova*
Editors: *D.S. Alenov, T. Apendiev*
Computer layout: *G.D. Zhadyranova*

Signed for print: June 15, 2026
Format: 70×90 1/16. 26.5 printed sheets. Order No. 2.