

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

**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE**

**№3
2025**

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



CENTRAL ASIAN ACADEMIC
RESEARCH CENTER



**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF COMPUTER
SCIENCE**

3 (355)

JULY – SEPTEMBER 2025

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, acting General Director of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES 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>

Mamyrbayev 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>

BIYASHEV Rustam Gakashevich, doctor of technical sciences, professor, Deputy Director of the Institute for Informatics and Management Problems, Head of the Information Security Laboratory (Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

KAPALOVA Nursulu Aldazarovna, 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/>

БАС РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Максат 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>

БАЙҒУНЧЕКОВ Жұмаділ Жанабайұлы, 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>

БИЯШЕВ Рустам Гакашевич, техника ғылымдарының докторы, профессор, Информатика және басқару мәселелері институты директорының орынбасары, Ақпараттық қауіпсіздік зертханасының меңгерушісі (Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

КАПАЛОВА Нұрсұлу Алдаржарқызы, 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, 2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Галимжаир Мутанович, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/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/authid/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/authid/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 Сатпаева (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

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

СМОЛЯРЖ Анджей, доцент факультета электроники Люблинского политехнического университета (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/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/authid/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/authid/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/authid/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/authid/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

БИЯШЕВ Рустам Гакашевич, доктор технических наук, профессор, заместитель директора Института проблем информатики и управления, заведующий лабораторией информационной безопасности (Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

КАПАЛОВА Нурсулу Алдажаровна, кандидат технических наук, заведующий лабораторией кибербезопасности РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/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/authid/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/authid/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/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)

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

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания, информационного агентства и сетевого издания № **KZ77VPY00121154**. 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», 2025

CONTENTS

S. Adilzhanova, B. Amirkhanov, G. Amirkhanova, A. Anuarbek Innovative methods for ensuring cybersecurity of technological control systems of a digital twin of a food industry enterprise.....	11
L.A. Alexeyeva Vibrotransport bispinors of Dirac equations in biquaternionic representation at sublight speeds and their properties.....	25
A. Amirova, B. Aldosh, A. Ibraikhan, T. Smagulov, A. Aitmagambet A machine learning-based approach to detect malicious links on Instagram.....	41
G. Argyngazin Artificial intelligence: is alarmism justified?.....	52
Zh.A. Abdibayev, S.K. Sagnayeva, B.B. Orazbayev, M. James C. Crabbe, K.A. Dyussekeyev Development of an effective water accounting method for irrigation systems for automated water resource management systems.....	66
Zh. Bazarbek, N. Toyganbaeva, M. Mansurova, T Sarsembayeva, M. Sakypbekova Developing a dataset for creating a Large Language model (LLM) for the Kazakh language.....	78
A. Bekarystankyzy, M. Baizakova, A. Kassenkhan, M. Iglíkova Recommendation algorithms for educational preferences: a review.....	93
A. Yerimbetova, U. Berzhanova, E. Daiyrbayeva, B. Sakenov, M. Sambetbayeva Development of a parallel corpus for Kazakh sign language translation and training of the transformer model.....	110
Sh.P. Zhumagulova, O.Zh. Stamkulov, K. Momynzhanova Hybrid deep learning approach for accurate ECG beat classification using ResNet18 and BiLSTM.....	132
A. Zulhazhav, G. Bekmanova, M. Altaibek, A. Omarbekova, A. Sharipbay A personalized learning feedback system driven by a lexical semantic network.....	147

T.S. Sadykova, B.K. Sinchev, Im Cho Young, A.S. Auyezova The application of vector space models in intelligent information retrieval systems.....	160
A. Sambetbayeva, V. Jotsov Comparative analysis of deep learning architectures for road crack segmentation.....	176
D. Oralbekova, A. Akhmediyarova, D. Kassymova, Z. Alibiyeva Research on linguistic analysis methods for identifying and extracting text data in the Kazakh language.....	188
Zh.S. Takenova Research on expert assessment methods for determining teachers' priorities by discipline.....	204
Zh. Tashenova, A.R. Gabdullin, Zh. Abdugulova, Sh. Amanzholova, E. Nurlybaeva Analysis of modern wireless network security protocols and prospects for their development.....	228
A. Temirbayev, N. Meirambekuly, N. Uzbekov, A. Beisen, L. Abdizhalilova CubeSat-based APRS digipeater: design, feasibility and mission concept.....	243
N. Temirbekov, D. Tamabay, S. Kasenov, A. Temirbekov, A. Baimankulov A web-based system for air pollution monitoring with API-integrated data sources.....	258
A.A. Tlepiyev, A. Mukhamedgali, Y.T. Kaipbayev, A.N. Kalmashova, Y.G. Mukhanbet Surface water monitoring in Kazakhstan using NDWI and random forest: a case study of Lake Akkol.....	271
Z. Turysbek, O. Mamyrbayev, M. Abdullah Development of an intelligent system for detecting fake news.....	286
G.S. Shaimerdenova, S.T. Akhmetova, A.N. Zhidebayeva, E.B. Mussirepova, D.A. Bibulova The role of computer modeling in enhancing safety and efficiency in industrial facilities.....	301

МАЗМҰНЫ

<p>С. Адилжанова, Б. Амирханов, Г. Амирханова, А. Ануарбек Тағам өнеркәсібі кәсіпорны цифрлық егізінің технологиялық басқару жүйелерінің киберқауіпсіздігін қамтамасыз етудің инновациялық әдістері.....</p>	11
<p>Л.А. Алексеева Сублимация жылдамдығындағы бикватерниондық көріністегі Дирак теңдеулерінің вибротранспорттық биспинорлары және олардың қасиеттері.....</p>	25
<p>А. Амирова, Б. Альдош, А. Ибрайхан, Т. Смагулов, А. Айтмагамбет Instagramдағы зиянды сілтемелерді анықтау үшін машиналық оқытуға негізделген тәсіл.....</p>	41
<p>Ғ.А. Арғынғазин Жасанды интеллект: алармистік көзқарас қалыптастыру орынды ма?.....</p>	52
<p>Ж.А. Әбдібаев, С.К. Сагнаева, Б.Б. Оразбаев, М. Джеймс К. Крэбб, К.А. Дюсекеев Су ресурстарының автоматтандырылған жүйелеріне суару жүйелеріндегі су есептеудің тиімді әдісін әзірлеу.....</p>	66
<p>Ж.П. Базарбек, Н.А. Тойганбаева, М.Е. Мансурова, Т.С. Сарсембаева, М.Ж. Сақыпбекова Қазақ тіліне арналған үлкен тіл моделін (LLM) жасау үшін Dataset әзірлеу..</p>	78
<p>А. Бекарыстанқызы, М. Байзакова, А. Қасенхан, М. Игликова. Білім алуды жақсарту үшін ұсыныс беретін алгоритмдерге шолу.....</p>	93
<p>А.С. Еримбетова, У.Г. Бержанова, Э.Н. Дайырбаева, Б.Е. Сәкенов, М.А. Сәмбетбаева Қазақ ым тіліне аудару үшін параллель корпус құру және transformer моделін оқыту.....</p>	110
<p>Ш.П. Жұмағұлова, О.Ж. Стамқұлов, К.Р. Момынжанова RESNET18 және BILSTM қолдана отырып, ЭКГ жүрек соғысын дәл жіктеуге арналған гибридті терең оқыту тәсілі.....</p>	132
<p>А. Зулхажав, Г.Т. Бекманова, М. Алтайбек, А.С. Омарбекова, А.А. Шәріпбай Цифрлық білім және студенттердің академиялық жетістіктері: деңгейлер бойынша білім беруді дамыту.....</p>	147

Т.С. Садыкова, Б.К. Синчев, Im Cho Young, А.С. Аuezова Интеллектуалды ақпаратты іздеу жүйелерінде векторлық кеңістік модельдерін қолдану.....	160
А.К. Самбетбаева, В. Йоцов Жол төсемінің жарықтарын сегментациялауда қолданылатын терең оқыту архитектураларын салыстырмалы талдау.....	176
Д. Оралбекова, А. Ахмедиярова, Д. Қасымова, Ж. Алибиева Қазақ тіліндегі мәтіндік ақпаратты анықтау және оны шығарып алу үшін лингвистикалық талдау әдістерін зерттеу.....	188
Ж.С. Такенова Пәндер бойынша оқытушылардың басымдығын бағалауға арналған сараптамалық бағалау әдістерін зерттеу.....	204
Ж.М. Ташенова, А.Р. Габдуллин, Ж.К. Абдугулова, Ш.А. Аманжолова, Э.Н. Нурлыбаева Заманауи сымсыз желінің қауіпсіздік хаттамаларын талдау және олардың даму перспективалары.....	228
А.А. Темирбаев, Н. Мейрамбекұлы, Н.Ш. Узбеков, Ә.Н. Бейсен CUBESAT негізіндегі APRS қайта таратқышы: жобалау, іске асыру мүмкіндігі және миссия тұжырымдамасы.....	243
Н. Темирбеков, Д. Тамабай, С. Касенов, А. Темирбеков, А. Байманкулов API-интеграцияланған дереккөздері бар атмосфералық ауаның ластануын бақылауға арналған веб-негізделген жүйе.....	258
А.А. Тлепиев, А. Мұхамедгали, Е.Т. Кайпбаев, А.Н. Калмашова, Е.Ғ. Мұханбет Қазақстандағы беткі суларды NDWI және RANDOM FOREST әдісі арқылы мониторингілеу: Ақкөл көлінің мысалында.....	271
Ж. Тұрысбек, О.Ж. Мамырбаев, А. Мұхаммед Жалған жаңалықтарды анықтайтын интеллектуалды жүйені әзірлеу.....	286
Г.С. Шаймерденова, С.Т. Ахметова, А.Н. Жидебаева, Э.Б. Мусирепова, Д.А. Бибулова Өнеркәсіптік объектілердің қауіпсіздігі мен тиімділігін арттырудағы компьютерлік модельдеудің рөлі.....	301

СОДЕРЖАНИЕ

С. Адильжанова, Б. Амирханов, Г. Амирханова, А. Ануарбек Инновационные методы обеспечения кибербезопасности технологических систем управления цифрового двойника предприятия пищевой промышленности.....	11
Л.А. Алексеева Вибротранспортные биспиноры уравнений Дирака в бикватернионном представлении при дозвуковых скоростях и их свойства.....	25
А. Амирова, Б. Алдош, А. Ибрайхан, Т. Смагулов, А. Айтмагамбет Метод на основе машинного обучения для выявления вредоносных ссылок в Instagram.....	41
Г. Аргынгазин Искусственный интеллект: оправдан ли алармизм?.....	52
Ж.А. Абдибаев, С.К. Сагнаева, Б.Б. Оразбаев, М. Джеймс К. Крэбб, К.А. Дюссекеев Разработка эффективного метода учёта воды для ирригационных систем автоматизированного управления водными ресурсами.....	66
Ж. Базарбек, Н. Тойганбаева, М. Мансурова, Т. Сарсембаева, М. Сакипбекова Создание набора данных для разработки крупной языковой модели (LLM) для казахского языка.....	78
А. Бекарыстанкызы, М. Байзакова, А. Кассенхан, М. Игликова Алгоритмы рекомендаций для образовательных предпочтений: обзор.....	93
А. Еримбетова, У. Бержанова, Е. Дайырбаева, Б. Сакенов, М. Самбетбаева Создание параллельного корпуса для перевода казахского жестового языка и обучение трансформерной модели.....	110
Ш.П. Жумагулова, О.Ж. Стамкулов, К. Момынжанова Гибридный подход глубокого обучения для точной классификации сердечных сокращений ЭКГ с использованием ResNet18 и BiLSTM.....	132
А. Зулхажав, Г. Бекманова, М. Алтайбек, А. Омарбекова, А. Шарипбай Система персонализированной обратной связи в обучении на основе лексико-семантической сети.....	147

Т.С. Садыкова, Б.К. Синчев, Им Чо Ён, А.С. Ауезова Применение моделей векторного пространства в интеллектуальных системах информационного поиска.....	160
А. Самбетбаева, В. Йоцов Сравнительный анализ архитектур глубокого обучения для сегментации трещин на дорогах.....	176
Д. Оралбекова, А. Ахмедиярова, Д. Касымова, З. Алибиева Исследование методов лингвистического анализа для идентификации и извлечения текстовых данных на казахском языке.....	188
Ж.С. Такенова Исследование методов экспертной оценки для определения приоритетов учителей по дисциплинам.....	204
Ж. Ташенова, А.Р. Габдуллин, Ж. Абдугулова, Ш. Аманжолова, Е. Нурлыбаева Анализ современных протоколов безопасности беспроводных сетей и перспективы их развития.....	228
А. Темирбаев, Н. Мейрамбекулы, Н. Узбеков, А. Бейсен, Л. Абдижалилова APRS-дигипитер на основе CubeSat: проектирование, осуществимость и концепция миссии.....	243
Н. Темирбеков, Д. Тамабай, С. Касенов, А. Темирбеков, А. Байманкулов Веб-система мониторинга загрязнения воздуха с API-интеграцией источников данных.....	258
А.А. Тлепиев, А. Мухамедгали, Е.Т. Кайпбаев, А.Н. Калмашова, Е.Г. Муханбет Мониторинг поверхностных вод в Казахстане с использованием NDWI и случайного леса: кейс озера Аккол.....	271
З. Турысбек, О. Мамырбаев, М. Абдулла Разработка интеллектуальной системы для выявления фейковых новостей.....	286
Г.С. Шаймерденова, С.Т. Ахметова, А.Н. Жидебаева, Е.Б. Муссирепова, Д.А. Бибулова Роль компьютерного моделирования в повышении безопасности и эффективности промышленных объектов.....	301

ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE
ISSN 1991-346X
Volume 3. Number 355 (2025). 147–159

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1726.369>

UDC 28.23.25

**A. Zulkhazhav, G. Bekmanova, M. Altaibek, A. Omarbekova,
A. Sharipbay, 2025.**

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.
E-mail: zulkhazhav_a_4@enu.kz

A PERSONALIZED LEARNING FEEDBACK SYSTEM DRIVEN BY A LEXICAL SEMANTIC NETWORK

Zulkhazhav Altanbek — Manager of the department of digital development, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

E-mail: zulkhazhav_a_4@enu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4491-3253>;

Bekmanova Gulmira — Vice-Rector for Digitalization - Digital Officer, candidate of technical sciences, PhD, associate professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, E-mail: gulmira-r@yandex.kz. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8554-7627>;

Altaibek Mamyr — Developer of the department of digital development, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

E-mail: mameralt@outlook.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-8219-0751>;

Omarbekova Assel — Head of Digital Development Department, candidate of technical sciences, associate professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, E-mail: omarbekova_as@enu.kz, ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-9272-8829>;

Sharipbay Altynbek — Doctor of technical sciences, professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

E-mail: sharalt@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5334-1253>.

Abstract. This study presents a personalized learning feedback system driven by a lexical semantic network, tailored for low-resource language education with a focus on Kazakh-language instruction. At its core is an error-triggered review process: when a learner answers an assessment item incorrectly, semantic textual similarity (STS) embeds the learner’s response and canonical solutions, retrieves concept-linked lecture snippets and micro-drills, and prioritizes targeted remediation over traditional scoring. Educational content is modeled through a tripartite Term–Lecture–Assessment (TLA) chain that provides traceable mappings from tested concepts to remediation actions, while review tasks are scheduled according to forgetting-curve principles so that spacing adapts to observed similarity trends. To enable robust semantics, we translated the SemEval STS Benchmark into Kazakh (STSb-kk) and developed a Kazakh Natural Language Inference corpus (NLI-kk). Experiments show that LaBSE, fine-tuned in two stages (NLI-kk then STSb-kk), achieves a Pearson correlation of 84.72% on STSb-kk, supporting reliable similarity-based retrieval at classroom scale. We further constructed a WordNet-

style lexical resource for Kazakh via translation to encode synonymy, hypernymy, and prerequisite relations; this supports lateral and vertical expansion of practice after an error. While STS is not suited to grading complex open-ended responses, it excels at auditable, low-latency search and recommendation in constrained computing environments. The system offers a scalable framework for personalized remediation, an adaptive scheduler that tightens or widens intervals based on performance signals, and applicability beyond language learning to disciplines such as mathematics and physics. Future enhancements will integrate multimodal materials, real-time difficulty adaptation, and expanded domain-specific term inventories.

Key words: lexical semantic network, semantic textual similarity, personalized feedback, adaptive review, Kazakh, closed-loop learning

Funding:

This research has been/was/is funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant №BR28713531 Intelligent digital system of higher and postgraduate education organizations Smart.EDU).

**А. Зулхажав, Г.Т. Бекманова, М. Алтайбек, А.С. Омарбекова,
А.А. Шәріпбай, 2025.**

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана, Қазақстан.
E-mail: zulkhazhav_a_4@enu.kz

**ЦИФРЛЫҚ БІЛІМ ЖӘНЕ СТУДЕНТТЕРДІҢ АКАДЕМИЯЛЫҚ
ЖЕТІСТІКТЕРІ: ДЕНГЕЙЛЕР БОЙЫНША БІЛІМ БЕРУДІ ДАМУ**

Зулхажав Алтанбек — Цифрлық даму департаментінің менеджері, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
E-mail: zulkhazhav_a_4@enu.kz, ORCID ID:: <https://orcid.org/0000-0002-4491-3253>; **Бекманова Гүлмира Тілеубердиевна** — Басқарма мүшесі — Цифрландыру жөніндегі проректор-Цифрлық офицер, т.ғ.к, PhD, қауымдастырылған профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
E-mail: gulmira-r@yandex.kz. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8554-7627>
Алтайбек Мамыр — Цифрлық даму департаментінің әзірлеушісі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
E-mail: mameralt@outlook.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-8219-075>; **Омарбекова Асель Сайлаубековна** — Цифрлық даму департамент директоры, т.ғ.к, қауымдастырылған профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

E-mail: omarbekova_as@enu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9272-8829>;

Шәріпбай Алтынбек Әмірұлы — техника ғылымдарының докторы, профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

E-mail: sharalt@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5334-1253>.

Аннотация. Бұл зерттеу ресурстары шектеулі тілдік білім беруге бейімделген, қазақ тіліндегі оқытуды нысанаға алған лексикалық-семантикалық желіге негізделген жекелендірілген оқудың кері байланыс жүйесін таныстырады. Жүйенің өзегінде қателікпен іске қосылатын қайталау үдерісі бар: білім алушы бағалау тармағына қате жауап берген кезде, семантикалық мәтіндік ұқсастық (STS) білім алушының жауабын және эталон шешімдерін ендірмелерге түрлендіріп, ұғыммен байланысқан дәріс үзінділерін мен микро-жаттығуларды іздеп табады және дәстүрлі баға қоюдан гөрі мақсатты түзетуді алға қояды. Оқу мазмұны тексерілген ұғымдардан түзету әрекеттеріне дейінгі трассалылықты қамтамасыз ететін үш құрамды Термин–Дәріс–Бағалау (TLA) тізбегі арқылы модельденеді, ал қайталау тапсырмалары ұмыту қисығы қағидаттарына сай жоспарланып, аралықтар байқалған ұқсастық трендтеріне бейімделеді. Күшті семантиканы қамтамасыз ету үшін біз SemEval STS Benchmark деректер жиынтығын қазақ тіліне аудардық (STSb-kk) және қазақ тіліне арналған табиғи тілдік пайымдау корпусын (NLI-kk) әзірледік. Эксперименттер LaBSE моделін екі кезеңде (алдымен NLI-kk, кейін STSb-kk) жетілдіргенде STSb-kk жиынтығында Pearson корреляциясын 84,72% деңгейінде көрсететінін айқындады, бұл сынып ауқымында ұқсастыққа негізделген іздеудің сенімділігін қолдайды. Бұдан бөлек, қазақ тілі үшін WordNet үлгісіндегі лексикалық ресурс аударма арқылы құрылып, синонимия, гипернимия және пререквизиттік қатынастарды кодтайды; бұл қателіктен кейінгі тәжірибені көлденең де, тік те кеңейтуге мүмкіндік береді. STS күрделі ашық жауаптарды тікелей бағалауға қолайлы болмағанымен, шектеулі есептеу жағдайларында аудиттелетін, кідірісі төмен іздеу мен ұсынымда үздік нәтижелер береді. Ұсынылып отырған жүйе жекелендірілген түзетуге арналған ауқымды тұғырды, өнімділік сигналдарына қарай интервалдарды тарылтып/кеңейтетін бейімделетін жоспарлағышты және тіл үйренуден тыс математика мен физика сияқты пәндерге қолданылу мүмкіндігін ұсынады. Болашақ жетілдірулер мультимодальды материалдарды біріктіруді, күрделілікті нақты уақытта бейімдеуді және пәнге тәуелді терминдер қорын кеңейтуді қамтиды.

Түйін сөздер: лексикалық-семантикалық желі, семантикалық мәтіндік ұқсастық, жекелендірілген кері байланыс, бейімделген қайталау, қазақ тілі, жабық циклді оқыту

**А. Зулхажав, Г.Т. Бекманова, М. Алтайбек, А. Омарбекова,
А. Шарипбай, 2025.**

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
Астана, Казахстан.

E-mail: zulkhazhav_a_4@enu.kz

ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕБНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ЛЕКСИКО-СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ

Зулхажав Алтанбек — менеджер Департамента цифрового развития, Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан,

E-mail: zulkhazhav_a_4@enu.kz, Идентификатор ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4491-3253>;

Бекманова Гульмира Тлеубердиевна — проректор по цифровизации - Цифровой офицер, к.т.н., PhD, ассоциированный профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,

E-mail: gulmira-r@yandex.kz. Идентификатор ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8554-7627>;

Алтайбек Мамыр — разработчик Департамента цифрового развития Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,

E-mail: mameralt@outlook.com. Идентификатор ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8219-0751>;

Омарбекова Асель Сайлаубековна — директор Департамента цифрового развития, к.т.н., ассоциированный профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,

E-mail: omarbekova_as@enu.kz, Идентификатор ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9272-8829>;

Шарипбай Алтынбек Амирович — доктор технических наук, профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,

E-mail: sharalt@mail.ru, Идентификатор ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5334-1253>.

Аннотация. Данное исследование представляет персонализированную систему учебной обратной связи на основе лексико-семантической сети, ориентированную на обучение в условиях ограниченных ресурсов с фокусом на казахский язык. В основе — процесс повторения, запускаемый ошибкой: при неверном ответе метрика семантического текстового сходства (STS) преобразует ответ обучающегося и эталонное решение в эмбединги, извлекает связанные с понятием фрагменты лекций и микроупражнения и отдает приоритет адресной ремедиации перед традиционным выставлением баллов. Учебный контент моделируется трехзвенной цепочкой «Термин–Лекция–Оценивание» (TLA), обеспечивающей трассируемые соответствия от проверяемых понятий к корректирующим действиям; задания на повторение планируются по принципам кривой забывания с адаптацией интервалов к наблюдаемым трендам сходства. Для надежной семантики мы перевели эталон SemEval STS на казахский язык (STSb-kk) и разработали корпус естественно-языковых выводов (NLI-kk). В экспериментах модель LaBSE, дообученная по двухэтапной схеме (NLI-kk → STSb-kk), достигла корреляции Пирсона 84,72% на STSb-kk, подтверждая надежность поиска по сходству на масштабе аудитории. Дополнительно создан WordNet-подобный ресурс для кодирования синонимии, гипернимии и пререквизитов, что поддерживает

горизонтальное и вертикальное расширение практики после ошибки. Хотя STS не предназначена для оценивания сложных открытых ответов, она эффективна для аудируемого, низклатентного поиска и рекомендаций при ограниченных вычислительных ресурсах. Система предлагает масштабируемую основу, адаптивный планировщик, сужающий или расширяющий интервалы по сигналам успеваемости, и применима за пределами языкового обучения, например к математике и физике. В перспективе — интеграция мультимодальных материалов, адаптация сложности в реальном времени и расширение терминологических инвентарей.

Ключевые слова: лексико-семантическая сеть, семантическая текстовая схожесть, персонализированная обратная связь, адаптивное повторение, казахский язык, обучение с замкнутым циклом

Introduction. The rapid advancement of educational technologies has catalyzed a shift toward personalized learning systems that address individual learner needs, particularly in low-resource language education. Low-resource languages, such as Kazakh, face significant challenges due to limited linguistic resources, including sparse corpora and underdeveloped semantic tools like WordNet. Traditional feedback mechanisms in educational systems often rely on binary correctness scoring, which fails to diagnose underlying knowledge deficits or provide targeted remediation, resulting in fragmented learning experiences. This issue is particularly acute in low-resource language contexts, where the absence of structured knowledge bases hinders the delivery of contextually relevant feedback.

This research introduces a personalized learning feedback system driven by a lexical semantic network, designed to address these challenges through an error-triggered recommendation mechanism. When a learner answers an assessment item incorrectly, the system extracts associated terms, retrieves semantically related content using semantic textual similarity (STS), and schedules review tasks based on forgetting-curve principles. A translated WordNet-style lexical semantic resource for Kazakh, supplemented by datasets such as STSb-kk and NLI-kk, enables robust semantic modeling in a low-resource context. Unlike traditional systems focused on grading, our approach prioritizes content retrieval and adaptive scheduling, forming a closed-loop learning framework that is computationally efficient and scalable.

The contributions of this study are threefold:

1. **Formalized Semantic Modeling:** We define a tripartite Term–Lecture–Assessment (TLA) chain to structure educational content, enabling traceable and semantically grounded retrieval.

2. **Adaptive Scheduling Algorithm:** We develop an algorithm that integrates similarity trends, error frequency, and memory decay to dynamically prioritize review tasks.

3. **Low-Resource Language Validation:** We validate the system’s efficacy in Kazakh-language education and demonstrate its potential for cross-disciplinary applications through rigorous experiments.

This paper is organized as follows: Section 2 reviews related work on ontology-based systems, semantic models, and content modeling. Section 3 details the system design, including semantic modeling and scheduling strategies. Section 4 explores application scenarios in Kazakh and other disciplines. Section 5 presents experimental methodology and results, followed by conclusions and future directions in Section 6.

2 Related Work

2.1 Ontology- and Concept-Based Learning Systems

Ontology-based educational systems model knowledge as interconnected concepts, facilitating navigation, prerequisite alignment, and personalized remediation. Novak's concept mapping framework highlighted the role of structured knowledge representations in enhancing learning outcomes. Recent advancements have integrated semantic networks like WordNet or DBpedia to support content recommendation. For example, Fernández et al. proposed an ontology-based system that aligns learning resources with learner needs. Our work extends this paradigm by focusing on error-triggered recommendations, using STS to retrieve relevant content and drills, creating a dynamic feedback loop tailored to learner errors.

2.2 Semantic Learning Models: Comparison and Positioning

Traditional keyword-based matching in educational recommendation systems struggles to capture deep semantic relationships, leading to suboptimal content relevance [6, 11]. Semantic textual similarity (STS) models, such as Sentence-BERT (SBERT) [6] and LaBSE [8], encode text into embeddings that reflect semantic content, offering robust performance in retrieval tasks. Large language models (LLMs) like BERT and RoBERTa excel in open-ended reasoning but are computationally expensive and challenging to calibrate for real-time classroom applications [3]. STS-based pipelines, as demonstrated by Cer et al. [1] and Herbold [11], provide low-latency, resource-efficient retrieval, making them ideal for scalable educational systems. Our system leverages STS to drive a recommendation engine activated by learner errors, balancing semantic precision with computational efficiency.

2.3 Educational Content Modeling

Effective semantic modeling of educational content requires defining terms, their interrelations, and mappings to instructional resources. Terms are annotated with canonical definitions, surface variants, and usage examples, while relations (e.g., synonymy, hypernymy, meronymy) form a semantic network. Memory and spacing research, including Ebbinghaus's forgetting curve [13] and subsequent studies [14, 17, 18], informs our scheduling policy, which adapts review intervals based on similarity trends and error patterns. This approach contrasts with traditional systems that rely solely on correctness metrics, offering a more nuanced assessment of learner mastery.

3 Materials and Methods

3.1 Educational Content Semantic Modeling

3.1.1 Term Definition and Annotation

Each course defines a term inventory, where each term is a core concept with a canonical definition, surface variants (e.g., synonyms, morphological forms), and contextual usage examples. For example, in a Kazakh morphology course, the term “кітап” (book) is linked to its possessive form “кітаптың” and associated with specific lecture segments and assessment items. This structured annotation ensures traceability from assessment errors to relevant instructional content.

3.1.2 Semantic Relations Among Terms

Terms are interconnected through typed relations:

- **Synonymy:** E.g., “кітап” and “бет” in specific contexts.
- **Hyponymy/Hypernymy:** E.g., “suffix” as a hypernym of “possessive suffix.”
- **Meronymy:** E.g., “stem” and “suffix” as parts of a “word.”
- **Prerequisite:** E.g., understanding “noun stem” precedes “possessive suffix.”

These relations, encoded in a lexical semantic network, enable lateral (related terms) and vertical (prerequisite or hierarchical terms) expansion of review tasks following an error.

3.1.3 Term–Lecture–Assessment Chain

The course content is modeled as a tripartite graph, the Term–Lecture–Assessment (TLA) Chain, where:

- **Terms** represent core concepts.
- **Lectures** are annotated with covered terms.
- **Assessment Items** are tagged with tested terms.

When a learner answers an item q incorrectly, the system extracts the bound term set $T(q)$ and uses it as a query seed for content retrieval.

3.2 Similarity-Triggered Scheduling Strategy

The scheduling strategy operates as follows:

1. **Error Detection:** When a learner answers item q incorrectly, the system identifies $T(q)$, the set of terms bound to q .

2. **Semantic Similarity Computation:** The learner’s answer and canonical solution (or term definitions) are encoded into a shared embedding space using a pre-trained model (e.g., LaBSE). Cosine similarity is computed:

$$\text{sim}(v_1, v_2) = \frac{v_1 \cdot v_2}{\|v_1\| \|v_2\|}$$

where v_1 is the embedding of the learner’s answer, and v_2 is the embedding of the canonical solution or term definition.

3. **Content Retrieval:** A similarity threshold θ (e.g., 0.7) determines whether related terms, lectures, or drills are retrieved. If $\text{sim}(v_1, v_2) \geq \theta$, associated content is added to the scheduling queue.

The scheduling priority for a term t is calculated as:

$$P(t) = w_1 \cdot \text{sim}(t, T(q)) + w_2 \cdot E(t) + w_3 \cdot F(t)$$

where:

- $\text{sim}(t, T(q))$: Similarity between term t and the bound terms of item q .
- $E(t)$: Number of errors associated with term t .
- $F(t)$: Forgetting-curve decay factor, defined as:

$$F(t) = e^{(-\Delta t / \tau)}$$

where Δt is the time since the last review of term t , and τ is a forgetting time constant (e.g., 7 days).

w_1, w_2, w_3 : Weight parameters, empirically set to 0.4, 0.3, and 0.3, respectively.

3.3 Recommendation Engine Logic

The recommendation engine maintains a priority queue for review tasks, with the following workflow:

1. **Task Generation:** Tasks are generated based on the priority $P(t)$, including lecture snippets, reading materials, and micro-drills.
2. **Task Scheduling:** Tasks are prioritized and pushed to the learner’s interface. Scheduling intervals are adjusted dynamically: increasing similarity trends widen intervals, while declining trends tighten them.
3. **Progress Tracking:** Task completion is logged, updating term mastery estimates based on correctness, similarity, and time elapsed.

Algorithm 1 Similarity-Triggered Task Scheduling

- 1: **Input:** Incorrect item q , term set $T(q)$, learner answer a , canonical solution s
- 2: **Output:** Scheduled review tasks
- 3: Encode a and s into embeddings v_a, v_s
- 4: **for** each term $t \in T(q)$ **do**
- 5: Compute $\text{sim}(v_a, v_t)$ using cosine similarity
- 6: **if** $\text{sim}(v_a, v_t) \geq \theta$ **then**
- 7: Retrieve lecture snippets and drills for t
- 8: Compute priority $P(t) = w_1 \cdot \text{sim}(t, T(q)) + w_2 \cdot E(t) + w_3 \cdot F(t)$
- 9: Add tasks to priority queue
- 10: **end if**
- 11: **end for**
- 12: Sort queue by $P(t)$
- 13: Push top- k tasks to learner interface

4 Application Scenarios

4.1 Kazakh Language Course

In a Kazakh morphology course, terms such as “kirai” (book) and “possessive suffix” are defined and linked to lecture segments and assessment items. For example, if a learner incorrectly answers the item “What is the possessive form of ‘kirai?’”, the system:

1. Extracts the bound term “possessive suffix.”
2. Computes cosine similarity between the learner’s answer and canonical content.
3. Retrieves related materials, such as Lecture 5 (Possessive Morphology) and drills (e.g., “үй” → “үйдің”).
4. Schedules a personalized review task list and tracks progress.

Table 1- Kazakh Course Example: Term-to-Task Mapping

Term (Қазақша)	Lecture (Дәріс)	Review Task (Қайталама тапсырма)
кітап	Lecture 1: Noun Basics / Дәріс 1: Зат есім негіздері	Drill: Stem Identification / Жаттығу: Түбірді анықтау
Possessive Suffix / Ілік жалғауы	Lecture 5: Possessive Morphology / Дәріс 5: Ілік септігінің морфологиясы	Examples: кітаптың, үйдің / Мысалдар: кітаптың, үйдің

4.2 Extension to Other Disciplines

The system is extensible to other domains:

- **Mathematics:** For an incorrect answer on “Calculate the vertex of a quadratic function,” the system retrieves lecture snippets on parabola properties and related drills.
- **Physics:** For an error on “Apply Newton’s Second Law,” the system recommends foundational mechanics lectures and exercises (e.g., $F = ma$ applications).

5 Datasets and Translation Resources

5.1 Natural Language Inference (NLI)

We translated the SNLI dataset [2] to create NLI-kk, supporting entailment, contradiction, and neutral relations in Kazakh. This dataset enhances sentence pair representation learning and improves STS fine-tuning.

Table 2 - NLI-kk Dataset Examples

Premise (Алғышарт)	Hypothesis (Болжам)	Label (Жауап түрі)
Ерлі-зайыптылар кішкентай ұлымен бірге жағажайда толқын қуып ойнап жүр (<i>A couple play in the tide with their young son</i>)	Отбасы сыртта. (<i>The family is outside.</i>)	Entailment
Ерлі-зайыптылар кішкентай ұлымен бірге жағажайда толқын қуып ойнап жүр (<i>A couple play in the tide with their young son</i>)	Отбасы демалыста. (<i>The family is on vacation.</i>)	Neutral
Ерлі-зайыптылар кішкентай ұлымен бірге жағажайда толқын қуып ойнап жүр (<i>A couple play in the tide with their young son</i>)	Отбасы кешкі ас ішуге отыр. (<i>The family is sitting down for dinner.</i>)	Contradiction

5.2 Semantic Textual Similarity (STS)

The SemEval STSb dataset [1] was translated into Kazakh (STSb-kk) using the Google Cloud Translation API, yielding 8628 sentence pairs with similarity scores in [0, 5].

Table 3- STSb-kk Dataset Examples

Sentence 1 (Сөйлем 1)	Sentence 2 (Сөйлем 2)	Score (Баға)
Ұшақ ұшып келеді. (<i>A plane is taking off.</i>)	Әуе ұшағы ұшып келеді. (<i>An air plane is taking off.</i>)	5
Ер адам тамақтанып жатыр. (<i>The man is eating.</i>)	Ер адам тамақ ішіп отыр. (<i>A man is eating food.</i>)	4.6
Төрт ит қарда тұр. (<i>Four dogs stand in the snow.</i>)	Қарда ойнап жүрген төрт ит. (<i>Four dogs playing in the snow.</i>)	3.6
Бір әйел атқа мініп келе жатыр. (<i>A woman is riding a horse.</i>)	Ер адам атқа мінеді. (<i>A man rides a horse.</i>)	2.8
Пойыз жүріп жатыр. (<i>A train is moving.</i>)	Ер адам йогамен айналысады. (<i>A man is doing yoga.</i>)	0

Table 4 - STSb Dataset Statistics (English Original)

Type	Train	Valid	Test	Total
News	3299	500	500	4299
Titles	2000	625	625	3250
Forums	450	375	254	1079
Total	5749	1500	1379	8628

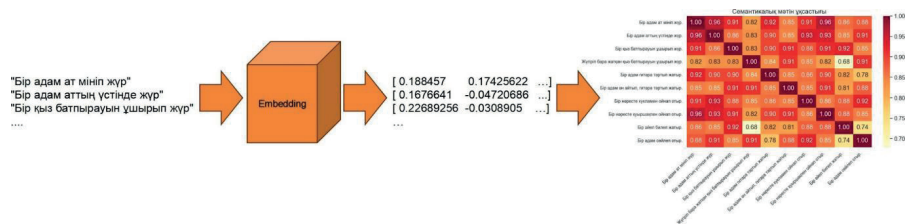


Figure 1- Pipeline for Computing Semantic Similarity in Kazakh Text

5.3 Score Interpretation

Table 5- STS Score Descriptions

Score	Description
5	Sentences are essentially identical in meaning.
4	Highly similar, differing only in minor details.
3	Share core information but diverge in aspects.
2	Partial thematic overlap, not equivalent.
1	Broad topic overlap, substantial differences.
0	Entirely unrelated topics.

5.4 Lexical Semantic Resource

A WordNet-style lexical semantic resource for Kazakh was translated to support term relations and retrieval. Due to its scale, manual validation is lighter than for STSb-kk and NLI-kk.

6 Experimental Methodology

6.1 Models

We evaluated multilingual BERT, SBERT, RoBERTa-XLM, LaBSE, and SimCSE [3, 6, 7, 8, 9] to obtain robust sentence embeddings for Kazakh text.

6.2 Training Strategies

Training strategies included:

1. Direct fine-tuning on STSb-kk via regression.
2. Sequential fine-tuning: classification on NLI-kk followed by regression on STSb-kk [2].

Cosine similarity was used for STS scoring [10, 11], with a threshold $\theta = 0.7$ and weights $w_1 = 0.4$, $w_2 = 0.3$,

$$w_3 = 0.3.$$

7 Results

7.1 Performance on STSb-kk

Table 6 - Experimental Results on STSb-kk Test Set

Model	Pearson (%)	Spearman (%)
Without Fine-Tuning on STSb-kk		
BERT	78.06	79.96
LaBSE	77.64	77.48
SBERT	70.35	71.73
RoBERTa-XLM	69.09	71.3
Fine-Tuning on STSb-kk		
BERT	80.89	80.71
LaBSE	83.52	83.26
SBERT	73.27	73.15
SimCSE	74.26	74.12
RoBERTa-XLM	76.6	76.52
First NLI-kk, Then STSb-kk		
BERT	82.25	82.24
LaBSE	84.72	84.72
RoBERTa-XLM	82.3	82.3

The LaBSE model with two-stage fine-tuning achieved the highest correlation (Pearson 84.72%, Spearman 84.72%) on STSb-kk, confirming its suitability for similarity-based retrieval in low-resource settings. These embeddings power the system's error-triggered review mechanism.

7.2 Why Recommendation Over Grading

Using STS for retrieval directly addresses the question of what to learn next after an error, offering a more actionable intervention than grading alone. Compared to generative feedback systems, similarity-based retrieval is auditable, low-latency, and aligns well with the TLA structure, scaling effectively under computational constraints.

7.3 Spacing and Mastery Trends

Scheduling is driven by similarity trends rather than correctness alone. Rising similarity across attempts widens review intervals, while declining similarity tightens them [13, 14, 17, 18]. This integration of memory science and semantic evidence enhances the timeliness and relevance of review tasks.

8 Discussion

8.1 Terminology Usage Example

In a Kazakh morphology unit, terms such as “кітап” (book), “suffix,” and “case markers” are defined. Each quiz item is bound to one or more terms. Upon an error, the bound term set is activated, and STS retrieves the most semantically aligned lecture snippets and micro-drills illustrating the specific concept, such as a possessive suffix conflict.

8.2 Tracking Learning Progress

For each term, we track correctness, similarity trends, and time since last practice. Mastery is inferred from these signals, and the user interface displays per-term mastery bars, recommending the next best action based on current deficits.

8.3 Generating Personalized Recommendations

When a learner misses an item on possessive suffixes, the engine retrieves: (1) a short lecture clip defining the suffix; (2) examples contrasting near-confusable forms (e.g., “кітап” → “кітаптың”); (3) two or three micro-drills. If similarity remains low on follow-up attempts, the system expands to prerequisite terms (e.g., noun stems) via semantic relations.

9 Conclusion

This study reframes semantic modeling in education around error-triggered recommendations, leveraging a lexical semantic network to operationalize a closed-loop learning framework. The TLA chain, coupled with STS-driven retrieval and forgetting-curve-based scheduling, ensures precise and timely interventions. Experiments validate the system’s efficacy in Kazakh-language education, with LaBSE achieving superior performance on STSb-kk. The system’s scalability, low-resource adaptability, and cross-disciplinary potential position it as a versatile solution for personalized learning.

Future work will focus on:

1. Expanding domain-specific term inventories for broader curricula.
2. Integrating multimodal content, such as videos and interactive exercises.
3. Developing real-time difficulty adaptation algorithms to adjust task complexity dynamically.

References

- Cer D., Diab M., Agirre E., Lopez-Gazpio I., & Specia L. (2017) SemEval-2017 Task 1: Semantic Textual Similarity—Multilingual and Cross-lingual Focused Evaluation. Proceedings of SemEval-2017. DOI: 10.18653/v1/S17-2001 (in Eng.)
- Bowman S. R., Angeli G., Potts C., & Manning C.D. (2015) A large annotated corpus for learning natural language inference. EMNLP 2015. DOI: 10.18653/v1/D15-1075 (in Eng.)
- Reimers N., & Gurevych, I. Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks. EMNLP-IJCNLP 2019, 2019. doi:10.18653/v1/D19-1410 (in Eng.)
- Gao T., Yao X., & Chen D. SimCSE: Simple Contrastive Learning of Sentence Embeddings. EMNLP 2021, 2021. doi:10.18653/v1/2021.emnlp-main.552 (in Eng.)
- Devlin J., Chang M.-W., Lee K., & Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. NAACL-HLT 2019, 2019. doi:10.18653/v1/N19-1423 (in Eng.)
- Feng F., Yang Y., Cer D., Arivazhagan N., & Wang W. Language-agnostic BERT Sentence Embedding (LaBSE). arXiv preprint, 2020. arXiv:2007.01852. doi:10.48550/arXiv.2007.01852 (in Eng.)
- Conneau A., Khandelwal K., Goyal N., et al. Unsupervised Cross-lingual Representation Learning at Scale (XLM-R). ACL 2020, 2020. doi:10.18653/v1/2020.acl-main.747 (in Eng.)
- Artetxe M., & Schwenk H. Massively Multilingual Sentence Embeddings. Transactions of the ACL, 2019, 7: 597–610. doi:10.1162/tacl_a_00288 (in Eng.)
- Yang Y., Zhang Y., Tar C., & Baldridge J. PAWS-X: A Cross-lingual Adversarial Dataset for Paraphrase Identification. EMNLP-IJCNLP 2019, 2019. doi:10.18653/v1/D19-1382 (in Eng.)
- Herbold S. Semantic similarity prediction is better than other semantic similarity measures. arXiv preprint, 2024. arXiv:2309.12697. doi:10.48550/arXiv.2309.12697 (in Eng.)
- Ebbinghaus H. Memory: A Contribution to Experimental Psychology. Leipzig: Duncker & Humblot, 1885. (in Eng.)
- Pashler H., Rohrer D., Cepeda N.J., & Carpenter S.K. Enhancing learning and retarding forgetting. Psychonomic Bulletin & Review, 2007, 14(2): 187–193. doi:10.3758/BF03194023 (in Eng.)
- Cepeda N.J., Pashler H., Vul E., Wixted J.T., & Rohrer D. Distributed practice in verbal recall tasks. Psychological Bulletin, 2006, 132(3): 354–380. doi:10.1037/0033-2909.132.3.354 (in Eng.)
- Kang S.H.K. Spaced repetition promotes efficient and effective learning. Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences, 2016, 3(1): 12–19. doi:10.1177/2372732215624708 (in Eng.)
- Novak J.D. Concept mapping: A useful tool for science education. Journal of Research in Science Teaching, 1990, 27(10): 937–949. doi:10.1002/tea.3660271003 (in Eng.)
- Gruber T.R. A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition, 1993, 5(2): 199–220. doi:10.1006/knac.1993.1008 (in Eng.)
- Tarus J.K., Niu Z., & Kalui D. Knowledge-based recommendation: A review of ontology-based recommender systems for e-learning. Artificial Intelligence Review, 2018, 50: 21–48. doi:10.1007/s10462-017-9581-x (in Eng.)
- Brusilovsky P. Adaptive hypermedia. User Modeling and User-Adapted Interaction, 2001, 11(1–2): 87–110. doi:10.1023/A:1011143116306 (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.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>

ISSN2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 25.09.2025.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная.

Печать – ризограф. 20,0 п.л. Заказ 3.