

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 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>

**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 № **KZ77VPU00121154**. 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

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

<b>Kulatay A.A., Zhaisanova D.S., Daurenbayeva N.A., Mamanova S.Y., Tolegen M.</b> Machine learning for personalized learning in gamified edtech platforms: Aqyl Battle case.....	248
<b>Mamyrbayev O., Kurmetkan T.</b> Enhanced sentiment analysis of e-commerce product reviews using Luong attention-based Bi-LSTM.....	263
<b>Marassulov U.A., Kazbekova G.</b> TF-IDF-based fake news detection in Kazakh and Russian.....	286
<b>Omar A.B., Mussiraliyeva Sh.Zh.</b> Federated learning: models based on transformer architecture.....	302
<b>Rakhimova D., Duisenbekkyzy Zh., Karibayeva A., Eşref A., Ilessova B.</b> Improving the voice recognition system for children in Kazakh through additional training (fine-tuning).....	317
<b>Sarsembayev M, Urmashev B.</b> Optimization of the calculation of kinetic equations of combustion processes on GPU using global memory and shared memory.....	335
<b>Symagulov A., Smurygin V., Belousov A., Karypov A., Yunicheva N.R.</b> Improving the accuracy of crop and weed detection using UAVs in soya fields through image segmentation.....	347
<b>Tashenova Zh., Gabdullin A.R., Abdugulova Zh., Amanzholova Sh., Santeyeva S.</b> Security evaluation of WPA3 wireless networks under deauthentication attack scenarios.....	368
<b>Tursunbayeva G.U., Satybalдина D.Zh., Tleuberdin S.T., Tashatov N.N., Egamberdiyev E.E.</b> Anomaly detection in UAV telemetry systems based on simulation modeling.....	391
<b>Tursynova N., Yerimbetova A., Amangeldy N., Zhumabayeva A., Daiyrbayeva E.</b> Comparative analysis of multilingual transformer models for Kazakh-to-gloss translation.....	414
<b>Shangpeng Lei, Balakayeva G.</b> Dual-branch physical information neural networks for data center airflow velocity and thermal modeling.....	433
<b>Shynzhigit B.B., Balabekova M.O., Amangeldy T.T., Malik G.J., Balgimbekova U.B.</b> Automatic brick defects detection by using a CNN-based deep learning model.....	449

## МАЗМҰНЫ

### КОМПЬЮТЕРЛІК ҒЫЛЫМДАР

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

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

## СОДЕРЖАНИЕ

## КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

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

<b>Кулатай А.А., Жайсанова Д.С., Дауренбаева Н.А., Маманова С.Е., Толеген М.</b> Машинное обучение для персонализации обучения на геймифицированных EdTech-платформах: кейс Aqyl Battle.....	248
<b>Мамырбаев О., Курметкан Т.</b> Усовершенствованный анализ тональности отзывов о товарах электронной коммерции с использованием Bi-LSTM на основе механизма внимания Луонга.....	263
<b>Марасулов У.А., Казбекова Г.</b> Выявление ложных новостей на казахском и русском языках TF-IDF-моделями.....	286
<b>Омар А.Б., Мусиралиева Ш.Ж.</b> Федеративное обучение: модели на основе архитектуры трансформеров.....	302
<b>Рахимова Д., Дуйсенбеккызы Ж., Карибаева А., Еҫref А., Илесова Б.</b> Совершенствование системы распознавания голоса детей на казахском языке путем дополнительного обучения (fine-tuning).....	317
<b>Сарсембаев М., Урмашев Б.</b> Оптимизация расчета кинетических уравнений процессов горения на GPU с использованием global memory и shared memory.....	335
<b>Сымагулов А., Смургин В., Белоусов А., Карыпов А., Юничева Н.Р.</b> Улучшение качества детектирования культурных и сорных растений с помощью БПЛА на полях сои с применением сегментации изображений.....	347
<b>Ташенова Ж.М., Габдуллин А.Р., Абдугулова Ж.К., Аманжолова Ш.А., Сантеева С.А.</b> Оценка безопасности беспроводных сетей WPA3 в условиях атаки с деаутентификацией.....	368
<b>Турсунбаева Г., Сатыбалдина Д., Тлеубердин С., Ташатов Н., Эгамбердиев Э.</b> Обнаружение аномалий в телеметрических системах БПЛА на основе симуляционного моделирования.....	391
<b>Турсынова Н., Еримбетова А., Амангелді Н., Жумабаева А., Дайырбаева Э.</b> Сравнительный анализ многоязычных трансформерных моделей для перевода с казахского языка на глоссированное представление.....	414
<b>Шанпэн Лэй, Балакаева Г.</b> Двухветвевые физически информированные нейронные сети для моделирования воздушных потоков и тепловых условий в центрах обработки данных.....	433
<b>Шынжыгит Ш.Б., Балабекова М.О., Амангелды Т.Т., Малик Г.Ж., Балгимбекова У.Б.</b> 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). 263–285

<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1726.438>

IRSTI 28.23.15  
UDC 004.8

© **Mamyrbayev O., Kurmetkan T. \*, 2026.**

Institute of Information and Computing Technologies, Almaty, Kazakhstan.  
E-mail: turdybek.narat86@gmail.com

## ENHANCED SENTIMENT ANALYSIS OF E-COMMERCE PRODUCT REVIEWS USING LUONG ATTENTION-BASED BI-LSTM

**Mamyrbayev Orken** — PhD, Professor, Institute of Information and Computing Technologies, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: morkenj@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8318-3794;

**Kurmetkan Turdybek** — PhD student, Institute of Information and Computing Technologies, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: turdybek.narat86@gmail.com, tel: 87714588871, ORCID: 0000-0003-1178-6400.

**Abstract.** The increased significance of e-commerce has emphasized the necessity of efficient sentiment analysis of customer reviews, as they affect marketing tactics and product suggestions. Nevertheless, the difficulties of natural language, such as sarcasm and mixed sentiments, tend to challenge sentiment analysis. To overcome these issues, this study proposes a new sentiment analysis architecture based on bidirectional Long Short-Term Memory (Bi-LSTM) and Luong Attention. A Bi-LSTM model is used to model the sequential nature of text, whereas Luong Attention gives the model the capacity to emphasize the most significant section of the review and increases the capabilities of the model to identify the slightest details of the sentiment. This two-fold solution will solve the complex and ambiguous product review language challenges so that sentiment classification is more precise and aware of contexts. The suggested model is based on Bi-LSTM with a bidirectional context learning aspect to consider past and future words in a review and enhance sentiment accuracy. The model focuses on significant parts of the review by incorporating the Luong Attention mechanism, which is important in sentiment determination, as observed in situations where a clear or subtle emotion is involved. This hybrid model is much more effective than traditional sentiment analysis methods, with an accuracy of 96.67%, precision of 96.83%, and recall of 96.67%, with relatively low overfitting. These findings reveal the excellent performance of the proposed model and its ability to analyze

sentiment in real-time and on a large scale, which can be used to provide insights into e-commerce action plans.

**Keywords:** Sentiment Analysis, Bi-LSTM, Luong Attention, E-commerce Reviews, Deep Learning, Customer Feedback

*For citations: Mamyrbayev O., Kurmetkan T. Enhanced sentiment analysis of e-commerce product reviews using Luong attention-based Bi-LSTM. Academic Scientific Journal of Computer Science, 2026. — No.2. — P. 263–285. DOI <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1726.438>*

© **Мамырбаев Ө.Ж., Құрметқан Т.\***, 2026.

Ақпараттық және есептеу технологиялары институты, Алматы, Қазақстан.

E-mail: turdybek.narat86@gmail.com

## **ЛУОНГ НАЗАР МЕХАНИЗМІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН BI-LSTM КӨМЕГІМЕН ЭЛЕКТРОНДЫҚ КОММЕРЦИЯ ӨНІМДЕРІНЕ ЖАЗЫЛҒАН ПІКІРЛЕРГЕ ЖЕТІЛДІРІЛГЕН СЕНТИМЕНТТІК ТАЛДАУ ЖАСАУ**

**Мамырбаев Өркен** — PhD, профессор, Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан,

E-mail: morkenj@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8318-3794;

**Құрметқан Тұрдыбек** — докторант, Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: turdybek.narat86@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1178-6400.

**Аннотация.** Электрондық коммерцияның маңыздылығының артуы тұтынушылар пікірлерінің сентименттік талдауын тиімді жүргізу қажеттілігін айқындады, себебі бұл пікірлер маркетингтік тактикалар мен өнімді ұсыну жүйелеріне тікелей ықпал етеді. Дегенмен, табиғи тілдің күрделілігі, атап айтқанда сарказм мен эмоционалдық бейнелеулер сентименттік талдау міндетін қиындатады. Осы мәселелерді шешу мақсатында бұл зерттеуде екібағытты ұзақ қысқа мерзімді жадыға негізделген желі - Bidirectional Long Short-Term Memory (Bi-LSTM) және Luong Attention механизмі негізіндегі жаңа сентименттік талдау архитектурасы ұсынылады. Bi-LSTM моделі мәтіннің тізбектік табиғатын модельдеу үшін қолданылса, Luong Attention механизмі модельге пікірдің ең маңызды бөліктеріне назар аудару мүмкіндігін береді және сентименттің ең ұсақ мағыналық ерекшеліктерін анықтау қабілетін арттырады. Ұсынылған екіқұрамды шешім өнімдерге қатысты пікірлердегі күрделі әрі екіұшты тілдік құрылымдарды өңдеуге мүмкіндік береді, нәтижесінде сентиментті жіктеу дәлдігі артып, контексті ескеру деңгейі жоғарылайды. Ұсынылған модель Bi-LSTM негізінде құрастырылып, пікірдегі алдыңғы және кейінгі сөздерді қатар ескеретін екібағытты контекстік оқыту мүмкіндігін қамтиды, бұл сентиментті анықтау дәлдігін

жақсартады. Luong Attention механизмін енгізу арқылы модель пікірдің сентиментті айқындауда маңызды рөл атқаратын бөліктеріне шоғырланады; бұл әсіресе айқын немесе жасырын эмоционалдық бейнелеулер байқалатын жағдайларда маңызды. Аталған гибриді модель дәстүрлі сентименттік талдау әдістерімен салыстырғанда анағұрлым тиімді нәтиже көрсетіп, 96,67% дұрыстыққа, 96,83% нақтылыққа және 96,67% толықтыққа қол жеткізді, сонымен қатар шамадан тыс бейімделу деңгейі салыстырмалы түрде төмен болды. Алынған нәтижелер ұсынылған модельдің жоғары өнімділігін және оның нақты уақыт режимінде әрі үлкен көлемдегі деректерде сентиментті талдау қабілетін көрсетеді. Бұл модель электрондық коммерциядағы іс-қимыл жоспарларын қалыптастыру үшін құнды аналитикалық тұжырымдар алуға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** сентименттік талдау, Bi-LSTM, Luong Attention, электрондық коммерция пікірлері, терең оқыту, тұтынушы кері байланысы

*Алғыс.* Бұл жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі тарапынан BR24993001 «Қазақ тілін қолдауға және технологиялық прогреске арналған үлкен тілдік модельді (LLM) әзірлеу» жобасы негізінде қолдау тапты.

© Мамырбаев О., Курметкан Т.\*, 2026.

Институт информационных и вычислительных технологий,  
Алматы, Казахстан.

E-mail: turdybek.narat86@gmail.com

## УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ АНАЛИЗ ТОНАЛЬНОСТИ ОТЗЫВОВ О ТОВАРАХ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BI-LSTM НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМА ВНИМАНИЯ ЛУОНГА

**Мамырбаев Оркен** — PhD, профессор, Институт информационных и вычислительных технологий, Алматы, Казахстан,

E-mail: morkenj@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8318-3794>;

**Курметкан Турдыбек** — аспирант, Институт информационных и вычислительных технологий, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

E-mail: turdybek.narat86@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1178-6400>.

**Аннотация.** *Актуальность.* Возрастающая значимость электронной коммерции усиливает необходимость эффективного анализа тональности клиентских отзывов, поскольку такие данные оказывают прямое влияние на маркетинговые стратегии, репутационный менеджмент и системы рекомендаций товаров. Вместе с тем особенности естественного языка, включая сарказм, контекстную неоднозначность и смешанную тональность, существенно затрудняют автоматическую классификацию эмоциональной окраски отзывов. *Цель.* Разработать и оценить архитектуру анализа тонально-

сти отзывов о товарах электронной коммерции на основе двунаправленной сети долгой краткосрочной памяти Bi-LSTM и механизма внимания Луонга. *Методы.* В исследовании предложена гибридная архитектура, основанная на Bidirectional Long Short-Term Memory (Bi-LSTM) и механизме Luong Attention. Модель Bi-LSTM используется для учета последовательной структуры текста и двунаправленного контекстного обучения, что позволяет анализировать как предшествующие, так и последующие слова в отзыве. Механизм Luong Attention обеспечивает выделение наиболее значимых фрагментов текста, влияющих на определение тональности, и повышает способность модели распознавать скрытые смысловые оттенки эмоциональной оценки. *Результаты и выводы.* Предложенное двухкомпонентное решение позволяет преодолеть трудности, связанные со сложным и неоднозначным языком товарных отзывов, и обеспечивает более точную контекстно-ориентированную классификацию тональности. Интеграция механизма Luong Attention позволяет модели фокусироваться на ключевых частях отзыва, играющих решающую роль при определении эмоциональной окраски, что особенно важно в случаях явной, скрытой или смешанной тональности. Гибридная модель демонстрирует более высокую эффективность по сравнению с традиционными методами анализа тональности: точность классификации составляет 96,67%, прецизионность - 96,83%, полнота - 96,67% при сравнительно низком уровне переобучения. Полученные результаты подтверждают высокую производительность предложенной модели, а также ее применимость для анализа тональности в режиме реального времени и в крупном масштабе. Практическая значимость исследования заключается в возможности использования модели для получения аналитических выводов, необходимых при разработке эффективных стратегий в сфере электронной коммерции.

**Ключевые слова:** анализ тональности, Bi-LSTM, Luong Attention, отзывы в электронной коммерции, глубокое обучение, обратная связь клиентов, классификация тональности, механизм внимания.

**Кіріспе.** Электрондық коммерция тұтынушылардың мінез-құлқын өзгертіп, қазіргі маркетингтің негізгі назарын тұтынушы сентиментін түсінуге аударды (Madanchian, 2024). Өнімді ұсыну жүйелерін, тұтынушы қанағаттануын және маркетингтік стратегияларды қалыптастыру сентиментті талдауға, әсіресе оның дәлдігіне тәуелді (Diekson et al., 2023). Күн сайын миллиардтаған пікір жарияланады, сондықтан сентименттерді ірі ауқымда өңдеу және талдау үшін жылдамдық пен сапа тұрғысынан жеткілікті жүйе қажет (Idries et al., 2022). Бұл, әсіресе, электрондық коммерция өнімдеріне берілген пікірлердің сентиментін жіктеуді жақсарту үшін маңызды (Bello et al., 2023). Ұсынылған фреймворк бұл мәселелерді Luong назар механизмі бар екібағытты Long Short-Term Memory (Bi-LSTM) сияқты заманауи терең оқыту (DL) әдістерінің көмегімен шешуге бағытталған (Zhang and Guo, 2024).

Сентиментті талдаудағы қиындықтар бірқатар факторларға байланысты

туындайды (Taherdoost and Madanchian, 2023). Мәтіндік деректерді түсіндіру аралас сентимент, сарказм және контекстке тәуелді мағыналар сияқты тілдік реңктер салдарынан күрделі болуы мүмкін (Dubey et al., 2025). Бұған қоса, өнім ерекшеліктерінің, пікірлердің және сыртқы оқиғалардың эмоционалдық реңкі тұтынушы сентиментіне бір мезгілде ықпал ете алады (Nicolescu and Tudorache, 2022). Дәстүрлі модельдер қамти алмайтын, әртүрлі және үнемі өзгеріп отыратын факторларға тәуелді тұтынушы сентиментінің күрделілігін шешуде терең семантикалық белгілерді шығарудың озық әдістері маңызды рөл атқарады (Xiong et al., 2024).

Қайталанатын нейрондық желілер (RNN), тірек векторлар машиналары (SVM) және Naive Bayes жіктеуіштері сияқты қолданыстағы бірқатар әдістер сентиментті жіктеуде жеткілікті деңгейде нәтиже береді (Hassan et al., 2022). Алайда олардың ешқайсысы мәтіндік деректердегі тізбекті және контекстік байланыстарды тиімді түрде толық қамти алмайды (Wang et al., 2023). Керісінше, Bi-LSTM сияқты модельдер жоғары дәлдікке қол жеткізе алады және контексті, сондай-ақ ұзақ арақашықтықтағы тәуелділіктерді қамтуға арналған (Kokab et al., 2022). Дегенмен олар жиынтық сентиментке ең көбірек әсер ететін пікір бөліктеріне жеткілікті назар аудармайды (Saoualih et al., 2024). Сонымен қатар бұл модельдер сөз маңыздылығына қатысты жіктеуді көбіне елемейді, ал бұл әсіресе нәзік сентимент айырмашылықтарын жіктеуде нәтижеге ықпал етуі мүмкін (Ghatora et al., 2024).

Ұсынылған фреймворк Luong назар механизміне негізделген Bi-LSTM моделін пайдалану арқылы қазіргі тәсілдердің кемшіліктерін азайтады. Бұл терең оқыту моделі Bi-LSTM-нің тізбекті оқытудағы артықшылықтарын қолданады, ал Luong назар механизмі ең маңызды контексті анықтайды. Мұндай екіжақты тәсіл күрделі артықшылықтар береді: ұзақ қашықтықтағы контексті жақсы қамту және модельдің мәтіндегі ең релевантты бөліктерге назарын күшейту. Фреймворк сентиментті жіктеуді жақсарта отырып, өнім пікірінің мәтіндік құрылымына және маңызды сөздердің өзара байланысына байланысты қиындықтарға дәл әрі орнықты шешім ұсынады, өйткені өнім пікірлеріндегі сентиментті талдауда бұл екі аспект бірге қарастырылуы тиіс. Бұл жұмысты өзгелерден ерекшелендіретін негізгі белгі - тұтынушы сентиментін тереңірек түсіну үшін негізгі аспектілерді айқындайтын контекстке сезімтал назар механизмімен біріктірілген Bi-LSTM гибриді моделі.

**Әдеби шолу.** Liu et al. (2025) трансшекаралық электрондық коммерцияның белгілі бір санатындағы ең көп сатылатын тауарларға қатысты 14 078 онлайн пікірді зерттеді. Бұл зерттеуде пікір тақырыптарын, сентимент таралымдарын және олардың уақыт бойынша өзгерісін талдау үшін әлеуметтік желіні талдау мен сентиментті жіктеуге арналған бірнеше Python құралы қолданылды; Зерттеу цифрлық дәуірде трансшекаралық электрондық коммерция маркетингін жетілдіру үшін 4Ps және 4Cs маркетинг теорияларын біріктіруге болатынын ұсынады. Mabrouk et al.

(2021) «пікірлерді жинақтау және зерттеу» әдісін енгізді; H. Li et al. (2023) екі класты модельдің кемшіліктерін көрсетіп, күрделі әрі теңгерімсіз қытай мәтіндерінің сентиментін талдауды одан әрі жақсарту үшін үш класты жіктеу моделін және назар механизмі мен Bi-LSTM қолданатын жаңа диахрондық модельді ұсынды. Nichifor et al. (2023) бизнес пен электрондық коммерция маркетингтік стратегияларында жасанды интеллектті этикалық және тиімді қолдануды зерттеді. Авторлар 18 елде орналасқан 85 онлайн ритейлердің пікірлерін талдап, software-as-a-service (SaaS) негізіндегі табиғи тілді өңдеу және машиналық оқыту (ML) құралдарын пайдалану арқылы 1 687 пікірді қарастырды. Авторлар тұтынушылардың бір жұлдызды пікірлеріндегі бейтарап эмоционалдық күйге қатысты түсінік береді; Wang et al. (2024) CSEB ықпал ету механизмін аралас әдістер парадигмасы арқылы зерттеді. Бастапқы деректер тереңдетілген сұхбаттардан тұрды, ал қосымша деректер пайдаланушы жасаған контентті жинайтын краулерлер арқылы алынып, негізделген теория әдісімен талданды. Li et al. (2024) COVID-19 кезеңінде жаңа азық-түлік электрондық коммерциясы (FFEC) өнімдері мен қызметтеріне қатысты тұтынушы күтулері мен қалауларын зерттеді. Бұл зерттеу онлайн пікірлерден алынған деректермен мәтіндік майнингті қолданады. Guo et al. (2025) пайдаланушы қанағаттануына әсер ететін факторларды зерттеу үшін табиғи тілді өңдеу мен иерархиялық шешім қабылдауды біріктіретін екі кезеңді аналитикалық фреймворк ұсынды. Бірінші кезеңде эмоция моделі смартфон туралы жалған пікірлерді анықтайды, ал шынайы пікірлер қанағаттанумен байланысты тақырыптарды анықтау үшін арнайы әдістермен талданады. Қанағаттанумен байланысты тақырыптар бес негізгі факторға жіктеліп, брендтерді салыстырмалы талдауда қолданылды. Екінші кезеңде өнім пікірлері мен қауымдастықтағы термин жиіліктері салыстырылып, өнім дизайны мен маркетинг мақсаттары үшін маңызды жасырын тұтынушылық пайымдар анықталды. Fici et al. (2024) электрондық коммерциямен салыстырғанда метағалам платформаларындағы тұтынушы мінез-құлқын зерттеп, сатып алудың эмоционалдық және когнитивтік құрамдарын қамту үшін нейроғылыми әдіснаманы қолданды. Зерттеу метағаламның когнитивтік тартылуды арттыратынын көрсетеді, алайда ол салыстырмалы түрде ой еңбегін көбірек талап етеді және дәстүрлі электрондық коммерция деңгейіндегі оң эмоционалдық реакция тудырмайды.

Fan et al. (2022) тұрақты дамуға және брендтің халықаралықтануына жәрдемдесу үшін трансшекаралық электрондық коммерция брендтерін халықаралық бағалаудың индекстік жүйесін құрды. Latent Dirichlet Allocation (LDA) әдісі онлайн пікірлерден индикаторларды шығару үшін қолданылды. Классикалық әлеуетті индикаторларға Long Short-Term Memory (LSTM) оқытуы қолданылды. Kano қағидаттарын пайдалану арқылы ілгерілету стратегияларын анықтау мақсатында трансшекаралық электрондық коммерцияны басқарудың салдарларына сыни талдау жүргізілді. Huang et al. (2022) электрондық коммерция өнімдеріне қатысты қытай тіліндегі

пікірлердің сентиментін талдау мәселесін шешу үшін ERNIE-Bi-LSTM (EBLA) моделін ұсынды. Модель өлшемділікті бейнелеу, сентимент сөздерінің екіұштылығын жою және қытай пікірлеріндегі көпмағыналылық мәселелерін шешу үшін маңыздылығын көрсетті.

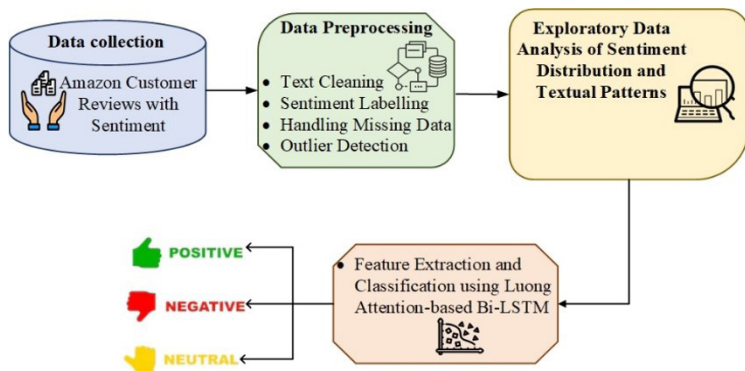
Yang et al. (2022) COVID-19 пандемиясы кезінде жаңа азық-түлік электрондық коммерциясы контекстінде «электрондық коммерция температурасының» тұтынушы қанағаттануына әсерін зерттеді. Бұл электрондық ритейлерлерге қызмет сапасын жақсарту және пандемиядан кейінгі қалпына келу кезеңінде төтенше жағдайларға бейімделу бойынша көзқарастар береді. Yuan et al. (2025) Қытайдың Чжэцзян провинциясындағы мандарин сатылымына электрондық коммерция пікірлерінің әсерін талдап, дәм, қызмет, сапа және бағаға назар аударды. Олар Latent Dirichlet Allocation (LDA) тақырыптық моделін пайдаланып, пікірлерді төрт тақырыпқа - сапа, қызмет, баға және дәм - топтастырды. Әр тақырып бойынша пікірлер SnowNLP арқылы қосымша бағаланып, жалпы оң сентименттер мен кейбір теріс кері байланыстар анықталды. Бұл зерттеу тұтынушы сұранысының әсерін және зерттеушілердің тұтынушы пікірлерін дәлірек түсіну қажеттілігін қарастырады, сондай-ақ болашақ зерттеулерде деректер дәлдігін және тұтынушының сатып алу тәжірибесін жақсартуға көмектесетін неғұрлым жетілдірілген тілдік модельдер мен процедуралық талдауларды қолдануды ұсынады.

Pieva et al. (2022) COVID-19 пандемиясы кезінде онлайн бөлшек сауда сатушыларын талдап, электрондық коммерциядағы тұтынушы мінез-құлқы мен қанағаттануына әсер ететін әртүрлі детерминанттар мен факторларды зерттеді. Зерттеу дәстүрлі және жаңа деректерді талдау әдістерін біріктіріп, сауалнамаларға сүйенді және онлайн пайдаланушылар тұрғысынан тиісті айнымалылар арасындағы байланыстар мен өзара ықпалдастықты зерттеу үшін құрылымдық теңдеулерді модельдеуді (SEM) қолданды. Chen et al. (2022) Қытайдың тікелей эфирдегі электрондық коммерция саясатының әсерін талдап, саясат күшіне енгенге дейінгі және кейінгі қоғамдық көзқарастар мен мәселелерге назар аударды. Сонымен қатар олар онлайн пікірлерді LDA модельдерімен талдап, сентимент полярлығы мен сентимент қарқындылығын бағалады; нәтижесінде 20-40 жас аралығындағы адамдар саясатқа басқа топтарға қарағанда көбірек ықылас білдіргенін, ал әйелдердің ерлерге қарағанда аз ықылас танытқанын анықтады. Анықталған тақырыптар экономикалық трансформация, алаяқтық, контрафактілік тауарлар және құқықтарды қорғау мәселелерімен байланысты.

Электрондық коммерцияның кеңеюі тұтынушы мінез-құлқын, әсіресе өнім пікірлері мен тұтынушы қанағаттануы тұрғысынан, айтарлықтай өзгертті. Тақырыптық модельдеу бойынша зерттеулер едәуір ілгерілегенімен, тілдің күрделілігі, тұтынушы күтулерінің өзгеруі және пандемиялар немесе реттеуші саясат сияқты сыртқы әсерлер тұтынушы мінез-құлқын тиімді қамтуды қиындататын көптеген мәселелерді туындатады

### Материалдар мен әдістер.

1-суретте Amazon тұтынушы пікірлерінің сентиментін талдаудың толық процедурасы көрсетілген. Үдеріс деректерді жинаудан басталады, мұнда пікірлерге сентимент таңбалары алынады. Келесі қадам - деректерді талдауға дайындайтын алдын ала өңдеу; ол мәтінді тазалауды, пікір рейтингтері негізінде сентимент таңбаларын тағайындауды, жетіспейтін деректерді өңдеуді және шеткі мәндерді анықтауды қамтиды. EDA сентимент таралуын зерттеу және пікірлердегі мәтіндік үлгілерді талдау үшін жүргізілді. EDA-дан кейінгі кезең - белгілерді шығару; мұнда маңызды белгілер анықталып, пікір мазмұнына назар аударатын Luong назар механизміне негізделген Bi-LSTM моделі көмегімен сентимент бойынша жіктеледі. Үдерістің нәтижесі пікірлерді оң, теріс және бейтарап санаттарға бөлу арқылы тұтынушы кері байланысы туралы түсінік береді.



Сурет 1 - Ұсынылған жалпы фреймворк

### Деректерді жинау.

Деректер жиыны Kaggle платформасында қолжетімді Amazon тұтынушы пікірлерінен құрастырылған және 2013-2019 жылдар аралығын қамтиды. Смартфондар, кітаптар, ноутбуктар және тоңазытқыштар сияқты бірнеше санаттан алынған пікірлерде Category, Review Header, Review Text, Rating және Own\_Rating (сентименттік жіктеу) сияқты қосымша белгілер бар. Деректер жиынында 110 000-нан астам пікір қамтылған, ал сентимент рейтингтері оң немесе теріс ретінде таңбаланған. Бұл сентиментті талдау жүргізу үшін құнды ресурс болып табылады, өйткені ол тұтынушылардың сезімдері мен көзқарастарын түсінуге мүмкіндік береді. Деректер жиыны еркін қолжетімді және CC0 1.0 Universal лицензиясы бойынша таралады, яғни оны кез келген мақсатта еркін пайдалануға болады.

### Деректерді алдын ала өңдеу.

Алдын ала өңдеу мәтінді тазалауды (кіші әріпке келтіру, арнайы таңбаларды алып тастау, токенизация және лемматизация), рейтингтер негізінде сентиментті таңбалауды (1-2 - теріс, 3 - бейтарап, 4-5 - оң), сондай-ақ жетіспей-

тін деректерді мәндерді толықтыру (мода немесе орта мән арқылы) не толық емес жазбаларды алып тастау арқылы өңдеуді қамтиды. Бұл қадамдар модельдің таза, бірізді және толық деректерде оқытылуын қамтамасыз етіп, сентиментті дәл болжауға мүмкіндік береді.

Мәтінді тазалау - шикі мәтіндік деректерді дайындаудағы маңызды алдын ала өңдеу қадамы. Бірізді мәтін тазалау тәсілінің құндылығы - қажетсіз элементтерді алып тастауға және бүкіл мәтінді стандарттауға мүмкіндік беруінде. Үдерістің алғашқы қадамы мәтінді кіші әріпке келтіру болып табылады, яғни «Apple» және «apple» сияқты сөздер баламалы ретінде қарастырылуы үшін мәтіндегі барлық таңба кіші әріпке түрлендіріледі. Математикалық түрде  $s$  жолы үшін бұл түрлендіру (1)-теңдеуде берілген:

$$T_{\text{cleaned}} = \text{lowercase}(T) \quad (1)$$

Кіші әріпке келтіруден кейін арнайы таңбалар мен сандар жойылады. Бұл сентиментті бағалауда мағыналық жүктемесі жоқ барлық әріптік-сандық емес таңбаларды (мысалы, пунктуация мен цифрлар) алып тастауды білдіреді. Математикалық түрде оны (2)-теңдеу түрінде жазуға болады:

$$T_{\text{cleaned}} = \text{remove}(T, \{ \text{special characters, digits} \}) \quad (2)$$

Келесі кезеңде стоп-сөздерді жою «the», «is» және «and» сияқты жиі кездесетін, бірақ пайдалы ақпараты аз сөздерді сүзгіден өткізеді. Бұл амал  $T$  токендерінен  $S_{\text{stop}}$  стоп-сөздер жиынын алып тастау ретінде (3)-теңдеуде сипатталады:

$$T_{\text{cleaned}} = T - S \quad (3)$$

Осы тазалаудан кейін токенизация тазартылған мәтінді жеке токендер немесе сөздер жиынына түрлендіреді; олар кейін дербес өңделі алады.

#### **Сентиментті таңбалау.**

Сентиментті талдау әрбір пікірге оның сандық рейтингі негізінде сентимент таңбасын беру арқылы болжау мәселесін үш класты жіктеу мәселесіне түрлендіреді.  $r$  пікір рейтингі болсын, мұнда  $r \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ . Тағайындалған  $S$  сентимент таңбасы (4)-теңдеу бойынша анықталады:

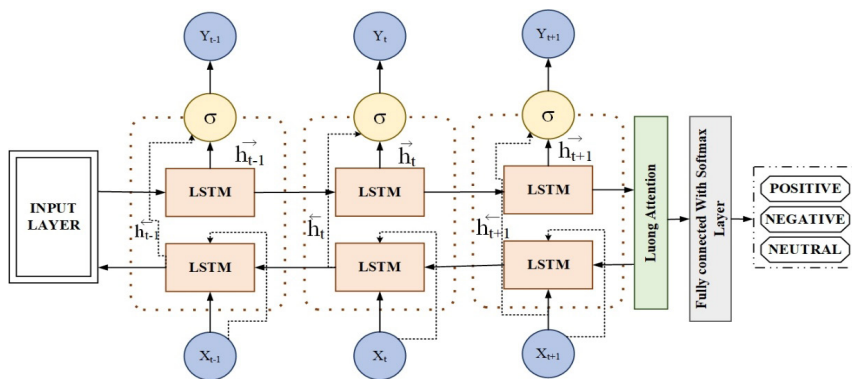
$$S = \begin{cases} \text{Negative} & \text{if } r \in \{1,2\} \\ \text{Neutral} & \text{if } r = 3 \\ \text{Positive} & \text{if } r \in \{4,5\} \end{cases} \quad (4)$$

Осылайша, рейтингі екіге тең пікір теріс, рейтингі үшке тең пікір бейтарап, ал рейтингі беске тең пікір оң ретінде жіктеледі. Бұл сәйкестендіру сандық

рейтингтерді модельдерді оқыту және бағалау үшін тиісті категориялық сентимент таңбаларына проекциялаудың айқын әрі бірізді әдісін қамтамасыз етеді.

***Luong назар механизміне негізделген Bi-LSTM арқылы белгілерді шығару және жіктеу.***

Сентиментті талдау Luong назар механизмімен бірге қолданылатын LSTM қабаттарына негізделеді. Кіріс - өнім туралы пікір сияқты тізбекті деректерді қабылдайтын кіріс қабаты. Бұл ақпарат бірнеше LSTM қабаты арқылы өңделеді. Әрбір LSTM қабаты әр уақыт қадамында жасырын күйін жаңарту арқылы кіріс мәтінінің тізбекті тәуелділіктерін шығарады. Luong назар механизмі LSTM қабаттарының соңында кіріс тізбегінің ең маңызды бөліктеріне шоғырлану үшін іске асырылады, бұл модельге релевантты сөздер немесе сөз тіркестеріне ең жоғары салмақ тағайындауға мүмкіндік береді. Соңында модель LSTM және назар механизмі арқылы алынған контекстке сүйене отырып, кірістің сентиментін - оң, теріс немесе бейтарап - анықтау үшін толық байланысқан қабатты және Softmax белсендіру функциясын қолданады (2-сурет).



Сурет 2 - Bi-LSTM архитектурасы

Кіріс қабаты. Мәтіндік деректердегі сөздік ендірулер немесе атрибуттар жиыны кіріс қабатына беріледі. Мұнда  $x_t$  - t қадамындағы ендіру, ал T - пікірдегі сөздер саны. Кіріс тізбегі әдетте Word2Vec, GloVe немесе BERT сияқты сөздік ендірулер арқылы қалыптастырылады, бұл  $x_t$  мәнінің t қадамындағы сөздің ендіруі немесе жоғары өлшемді векторлық көрінісі екенін білдіреді. Сондықтан кіріс тізбегін (5)-теңдеу түрінде жазуға болады:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_T\}, \text{ where } x_t \in \mathbb{R}^d \tag{5}$$

Мұнда  $\mathbb{R}^d$  әрбір сөз үшін d-өлшемді сөздік ендіру кеңістігін білдіреді.

*Алға жылжу қақпалары.* Алға өту кезінде LSTM кіріс деректерінің тізбегін қабылдап, оларды солдан оңға қарай бірізді түрде өңдейді. t уақыт қадамында

ол ағымдағы  $x_t$  кірісі және алдыңғы  $h_{t-1}$  жасырын күйі негізінде  $h_t$  жасырын күйін жаңартады. Алға өтудің негізгі элементтеріне кіріс қақпасы, ұмыту қақпасы, шығыс қақпасы және жад ұяшығының кандидат күйі жатады.

**Кіріс қақпасы.**

LSTM-де кіріс қақпасы  $t$  уақыт қадамындағы жаңа кірістің ұяшық күйіне қаншалықты енгізілетінін анықтайды. Ол жадыға түсетін жаңа ақпарат көлемін реттеп, тек релевантты кіріс элементтерінің сақталуын қамтамасыз етеді. Қақпа 0 мен 1 аралығында мән беретін sigmoid белсендіру функциясын қолданады, ол кіріс пен  $h_{t-1}$  жасырын күйінің үлесін сүзгіден өткізеді. Бұл (6)-тендеуде көрсетілген:

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, X_t] + b_i) \quad (6)$$

мұнда  $W_i$  - салмақ матрицасы,  $b_i$  - ығысу, ал  $\sigma$  - sigmoid белсендіру функциясы. Бұл үдеріс жад ұяшығын жаңарту үшін жаңа кірістің қандай үлесі қажет екенін анықтауға мүмкіндік береді және модельдің ұзақ мерзімді тәуелділіктерді үйрену қабілетін жақсартады.

*Ұмытылу қақпасы.* LSTM ұмыту қақпасы алдыңғы жадтың ( $C_{t-1}$  ұяшық күйінің) қай элементтері сақталуы және қайсысы ұмытылуы тиіс екенін анықтауда өте маңызды. Ол 0 мен 1 аралығында мән тудыратын sigmoid белсендіру функциясын қолданады; 0-ге жақын мән ұмытуды, ал 1-ге жақын мән сақтауды білдіреді (7):

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, X_t] + b_f) \quad (7)$$

мұнда әрбір қабат  $W_f$  салмақ матрицасын,  $b_f$  ығысу векторын және әдетте sigmoid болып табылатын  $\sigma$  функциясын қамтиды. Осылайша LSTM жад бірлігі уақытқа тәуелді берілген ақпарат үшін релевантты немесе релевантты емес деп саналатын мәліметті сақтай да, қабылдамай да алады.

**Шығыс қақпасы.**

LSTM-де шығыс қақпасы ағымдағы ұяшық күйін ескере отырып, жасырын күйдің шығуын анықтайды. Оның қосымша қызметі жадтың тек мәнді бөліктерін келесі уақыт қадамына немесе келесі қабатқа өткізу. Шығыс қақпасы алдыңғы  $h_{t-1}$  жасырын күйі мен ағымдағы  $x_t$  кірісінің сызықтық түрлендіруіне sigmoid белсендіру функциясын қолдану арқылы 8-тендеу бойынша есептеледі:

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, X_t] + b_o) \quad (8)$$

мұнда  $W_o$  - салмақ матрицасы,  $b_o$  - ығысу мүшесі, ал  $\sigma$  - шығысты 0 мен 1 аралығына масштабтайтын sigmoid функциясы. Қақпалаудың бұл механизмі ұяшық ақпаратының таңдаулы түрде ашылуын қамтамасыз етеді.

Жад ұяшығының кандидат күйі. LSTM-дегі жад ұяшығының кандидат күйі  $t$  уақыт қадамында ұяшық күйіне қосылуы мүмкін жаңа әлеуетті ақпаратты есептейді. Қолданылатын белсендіру функциясы - мэндерді  $-1$  мен  $+1$  аралығына сығатын гиперболалық тангенс ( $\tanh$ ); сондықтан жаңартылған мэн оң да, теріс те болуы мүмкін. Кіріс қақпасымен бірге бұл кандидат мэн жаңа ақпараттың ұяшық күйіне қандай фактор бойынша қосылатынын анықтайды және 9-теңдеу түрінде жазылады:

$$\hat{C}_t = \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, X_t] + b_c) \quad (9)$$

мұнда  $W_c$  матрицасында салмақтар сақталады, ал  $b_c$  - ығысу мүшесі. Сонымен қатар алдыңғы жасырын күй  $h_{t-1}$ , ал  $x_t$  - ағымдағы кірісі.

Ұяшық күйін жаңарту. Ұзақ мерзімді тәуелділіктерді сақтау үшін LSTM-дегі ұяшық күйін жаңарту бұрынғы жад пен жаңа ақпаратты біріктіреді. Бұл алдыңғы  $C_{t-1}$  ұяшық күйін  $f_t$  ұмыту қақпасымен, ал  $\hat{C}_t$  кандидат жад ұяшығын  $i_t$  кіріс қақпасымен көбейту арқылы орындалады. Ұмыту және кіріс қақпалары 10-теңдеуде көрсетілген:

$$C_t = f_t \cdot C_{t-1} + i_t \cdot \hat{C}_t \quad (10)$$

мұнда  $f_t$  -  $C_{t-1}$  релевантты өткен ақпаратты сақтайды, ал  $i_t$  -  $\hat{C}_t$  саналы түрде тандалған жаңа ақпаратты қосады. Осы үдерістердің барлығы LSTM-ге жадыны сақтау мен жаңарту арасындағы тепе-теңдікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, бұл тізбекті тәуелділіктерді тиімді өндеуге жағдай жасайды.

Жасырын күй.

LSTM әр уақыт қадамындағы соңғы шығысты жасырын күйді жаңарту арқылы есептейді: ағымдағы  $C_t$  ұяшық күйі  $o_t$  шығыс қақпасының реттеуімен көбейтіледі.  $C_t$  ұяшық күйі алдымен  $\tanh$  белсендіру функциясы арқылы  $-1$  мен  $1$  аралығына келтіріледі, содан кейін келесі қабаттар үшін басқарылатын мэндерге айналады. Нәтиже шығыс қақпасымен элементтік түрде масштабталады; бұл ақпараттың қаншалықты ашылатынын (13)-теңдеуде анықтайды:

$$h_t = o_t \cdot \tanh(C_t) \quad (11)$$

мұнда  $h_t$  -  $t$  уақытындағы жасырын күй,  $o_t$  - шығыс қақпасы, ал  $C_t$  - жаңартылған ұяшық күйі. Бұл жасырын күй LSTM бірлігінің тікелей шығысы болып табылады және келесі уақыт қадамына немесе жоғарғы қабатқа кіріс ретінде беріледі, бұл желінің тізбекті өндеуде релевантты контекстік ақпаратты тасымалдауына мүмкіндік береді.

Кері өту қақпасы.

Екібағытты LSTM-дегі кері өту кіріс тізбегін оңнан солға қарай өндейді, бұл модельге алға өту жалғыз өзі бере алмайтын келешек сөздер немесе

токендерден контекстік ақпаратты қамтуға мүмкіндік береді. Әрбір  $t$  уақыт қадамында ол алға өтудегідей қақпа механизмдерін, ұяшық күйін жаңарту және жасырын күй теңдеулерін пайдалана отырып, жеке кері жасырын күйді жаңартады, бірақ олар кері тәртіппен қолданылады. Бұл кері LSTM де кіріс тізбегін кері бағытта өту арқылы өзінің жасырын күйлерін, ұяшық күйлерін және қақпа мәндерін есептейтінін білдіреді. Алға және кері өтулердің шығыстарын біріктіру арқылы Bi-LSTM тізбектің бай әрі толық көрінісін қалыптастырып, өткен және келешек контекстен тәуелділіктерді тиімді қамтиды.

Bi-LSTM.

Bi-LSTM кіріс деректерін алға және кері бағыттарда өңдеу арқылы тізбекті модельдеуді жақсартады. Алға өтуде жасырын күй 12-теңдеудегідей есептеледі:

$$h_t = o_t \cdot \tanh(C_t) \quad (12)$$

мұнда  $h_t$  –  $t$  уақыт қадамына дейінгі өткен контексті қамтиды. Кері өтуде жасырын күй 13-теңдеумен есептеледі:

$$\hat{h}_t = \hat{o}_t \cdot \tanh(\hat{C}_t) \quad (13)$$

$h_t$  тізбектің соңынан  $t$  қадамына дейінгі келешек контексті білдіреді. Әрбір қадамда алға және кері күйлер біріктіріліп, байырақ көрініс (16)-теңдеу арқылы қалыптастырылады:

$$h_t^{BiLSTM} = [h_t, \hat{h}_t] \quad (14)$$

Бұл көрініс өткен және келешек ақпаратты біріктіреді. Біріктірілген жасырын күй кейінгі қабаттарда сентиментті талдау сияқты міндеттер үшін қолданылады және модельге толық контекстік ақпаратты пайдаланып неғұрлым дәл болжам жасауға мүмкіндік береді.

Luong назар қабаты.

Назар механизмі бар Bi-LSTM негізіндегі sequence-to-sequence моделі қолданылады. Кодер Bi-LSTM қабаттары 1 және 2 кіріс тізбектерін қабылдап, тиісінше алға және кері жасырын күйлерді есептейді және біріктірілген жасырын күйді береді. Назар механизмі әр уақыт қадамында  $\alpha$  назар салмақтарын есептейді; олар кодер мен декодер жасырын күйлерінің арасындағы сәйкестік бағасы арқылы анықталып, softmax функциясымен 15-теңдеу бойынша нормаланады:

$$\alpha_t = \text{softmax}(a(h_t, s_{t-1})) \quad (15)$$

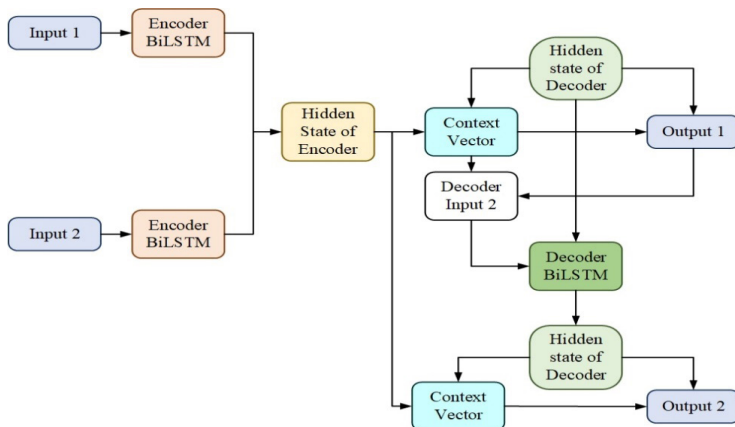
Содан кейін контекст векторы  $c_t$  кодердің жасырын күйлерінің салмақталған орташа мәні ретінде 16-теңдеу бойынша бағаланады:

$$c_t = \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t \tag{16}$$

Бұл контекст векторы жасырын күйлерді тудыратын Decoder Bi-LSTM-ге беріледі. Соңында модель softmax қабаты арқылы  $y_t$  шығыс тізбегін (19)-теңдеу бойынша қалыптастырады:

$$\hat{y}_t = \text{softmax}(W s_t + b) \tag{17}$$

мұнда  $W_y$  - салмақ матрицасы, ал  $b_y$  - ығысу мүшесі. Бұл архитектура модельге екібағытты контекстті ұсынуға және 3-суретте көрсетілген назар механизмі арқылы релевантты кіріс ақпаратына шоғырлануға мүмкіндік береді.



Сурет 3 - Luong назар механизмі

Толық байланысқан қабат.

Bi-LSTM негізіндегі модельдегі бұл қабат біріктірілген жасырын күйлерді классқа тән баллдарға түрлендіретін соңғы кезең қызметін атқарады. Біріктірілген  $h_t$  жасырын күйі тығыз қабат арқылы өткізіледі, мұнда салмақтар мен ығысулар арқылы сызықтық түрлендіру 18-теңдеу бойынша қолданылады:

$$Z = W_{fc} \cdot h_t^{BiLSTM} + b_{fc} \tag{18}$$

мұнда  $W_{fc}$  - салмақ матрицасы,  $b_{fc}$  - ығысу мүшесі, ал  $z$  әр сентимент класы үшін нормаланбаған баллдарды білдіреді. Бұл баллдарды түсіндірілетін ықтималдықтарға түрлендіру үшін softmax белсендіру функциясы 19-теңдеу бойынша қолданылады:

$$P(\text{Class} = c) = \frac{e^{z_c}}{\sum_{c'} e^{z_{c'}}} \quad (19)$$

мұнда  $z_i$  -  $i$  класының балы, ал бөлім барлық ықтимал кластар бойынша нормалауды қамтамасыз етеді. Бұл шығыстардың оң, теріс және бейтарап категориялары бойынша жарамды ықтималдық таралуын қалыптастыруын қамтамасыз етеді. Модель болжанған сентиментті ең жоғары ықтималдыққа ие класты таңдау арқылы анықтайды. Бұл қадам өте маңызды, себебі ол жоғары өлшемді Bi-LSTM көріністерін соңғы жіктеу шешімімен байланыстырып, сентиментті дәл болжауға мүмкіндік береді.

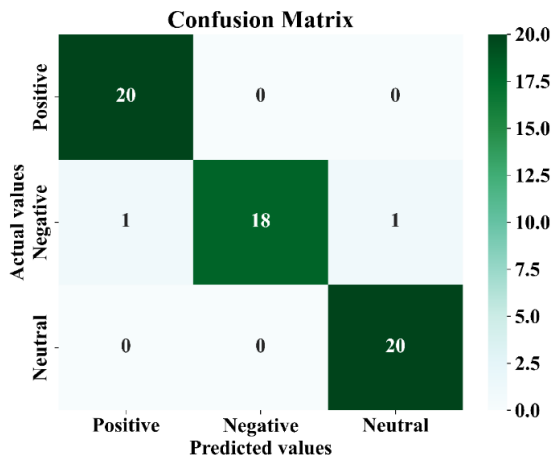
**Шығыс қабаты.**

Bi-LSTM негізіндегі сентиментті жіктеу моделі үш сентимент категориясының бірін - оң, теріс немесе бейтарап - таңдау арқылы соңғы болжамды шығарады. Толық байланысқан қабат логиттерді есептеп, softmax функциясы оларды әр класс үшін ықтималдықтарға түрлендіргеннен кейін, ең жоғары ықтималдыққа ие класс соңғы шешім ретінде таңдалады. Бұл математикалық түрде 20-тендеуде көрсетілген:

$$\hat{y} = \arg \max_c P(\text{Class} = c) \quad (20)$$

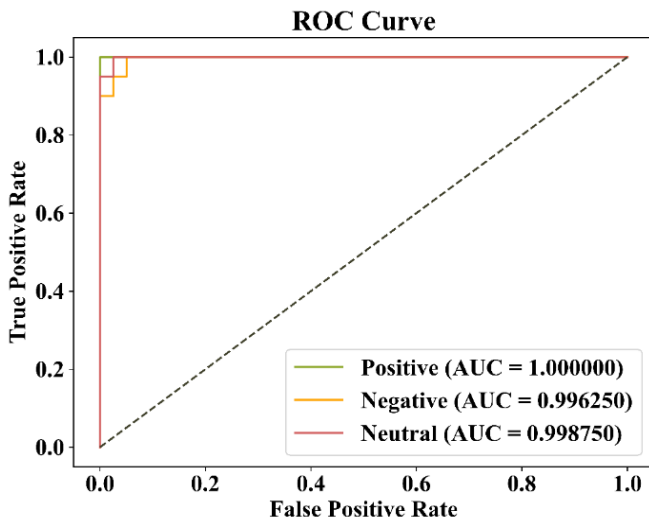
мұнда  $\hat{S}$  - болжанған сентимент таңбасы, ал  $p_i$  -  $i$  класы үшін softmax ықтималдығы. Ең жоғары ықтималдыққа ие класс кіріс мәтінінің сентименті ретінде тағайындалады, бұл айқын және түсіндірілетін жіктеу нәтижесін қамтамасыз етеді.

**Нәтижелер және талқылау.** Зерттеу жіктеу моделінің үш класс бойынша - оң, теріс және бейтарап - тиімді жұмыс істейтінін дәлелдейді. Модель өте жоғары дәлдікке қол жеткізді, ал теріс мысалдарда аз ғана қате жіктеу байқалды. Штатастыру матрицасы, ROC қисығы және precision-recall қисығы модельдің кластарды өте аз қателікпен ажырататынын көрсетеді. Ол шекті жағдайларда да нақтылық пен толықтық бойынша жақсы нәтиже береді. Сонымен қатар accuracy, precision, recall және F1-score есептеулері де жоғары. Оқыту және валидация метрикалары модельдің деректерге жақсы жалпыланатынын, яғни айтарлықтай артық үйренбейтінін көрсетеді. Эпохалар өткен сайын тұрақты жақсару байқалады.



Сурет 4 - Шатастыру матрицасы

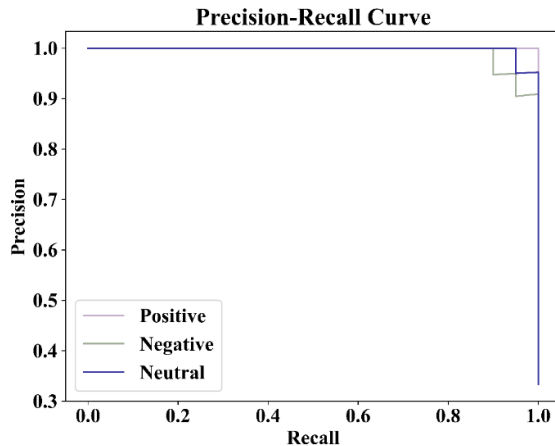
4-сурет үш класка - оң, теріс және бейтарап - арналған модельдің жіктеу нәтижелерін көрсетеді. Модель 20 оң, 18 теріс және 20 бейтарап жағдайды дұрыс анықтады. Қате жіктеулер шамалы болды: бір теріс жағдай оң ретінде, ал бір теріс жағдай бейтарап ретінде жіктелді. Оң немесе бейтарап болжамдарда қате жіктеу болған жоқ. Матрица модель дәлдігінің жоғары екенін көрсетеді, себебі модель бейтарап және оң кластарды жақсы ажыратады, дегенмен теріс класта аздап шатасу бар. Жалпы модель тиімді және қателері өте аз.



Сурет 5 - ROC қисығы

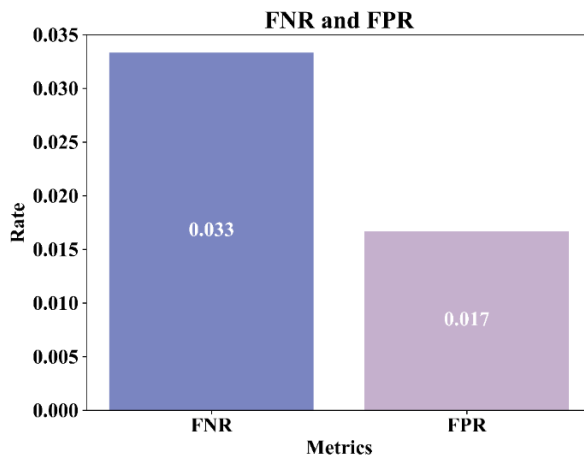
Жасыл қисықтың AUC мәні 1,000000 болды, бұл толық дерлік жіктелу мүмкіндігін білдіреді. Қызғылт сары қисықтың AUC мәні 0,996250 болып,

өте жақсы нәтиже мен аз ғана қателікті көрсетеді. Қызыл қисықтың AUC мәні 0,998750, бұл да өте жоғары көрсеткіш. 5-суретте көрсетілгендей, үш қисықтың барлығы жоғарғы сол жақ бұрышқа жақын орналасқан, бұл модельде шынайы оң үлестің жоғары, ал жалған оң үлестің төмен екенін білдіреді.



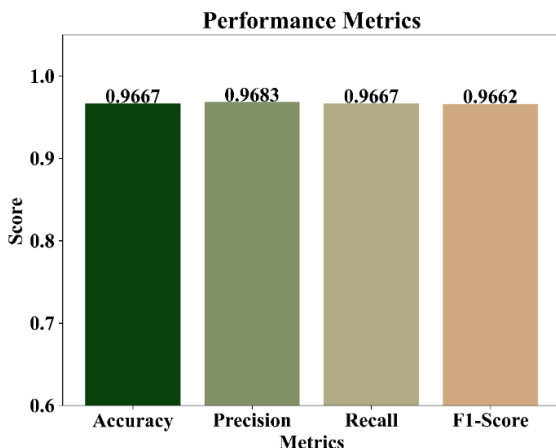
Сурет 6 - Precision-recall қисығы

Барлық үш класс бойынша қисықтар дерлік идеалға жақын және жоғарғы оң жаққа жақын орналасқан, бұл нақтылық пен толықтықтың жоғары екенін көрсетеді. Оң (күлгін қисық), теріс (жасыл қисық) және бейтарап (көк қисық) кластардың барлығында precision мәндері 1,0-ге жуық, ал recall мәндері де соған жақын. Бұл модельдің барлық жағдайларды минималды жалған оң нәтижелермен дұрыс анықтауға жоғары қабілетті екенін білдіреді және 6-суретте көрсетілгендей, жалпы өнімділік өте жоғары.



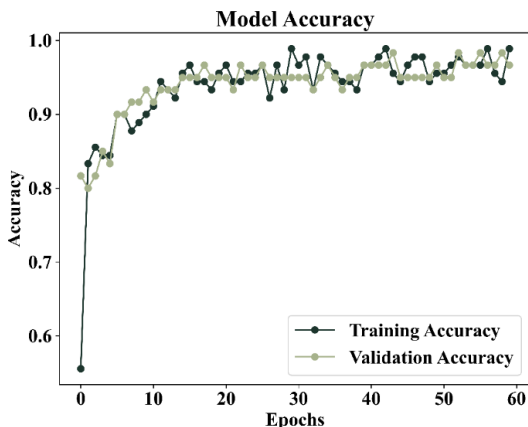
Сурет 7 - FNR және FPR

7-суретте жіктеу моделінің жалған теріс үлесі (FNR) мен жалған оң үлесі (FPR) салыстырылған. Көк бағанмен белгіленген  $FNR = 0,033$ , бұл нақты оң жағдайлардың шамамен 3,3%-ы теріс ретінде қате жіктелгенін көрсетеді. Күлгін баған  $FPR = 0,017$  екенін, яғни нақты теріс жағдайлардың шамамен 1,7%-ы оң ретінде қате жіктелгенін көрсетеді. График жалған теріс үлестің жалған оң үлестен жоғары екенін, бірақ оның да салыстырмалы түрде төмен деңгейде екенін көрсетеді.



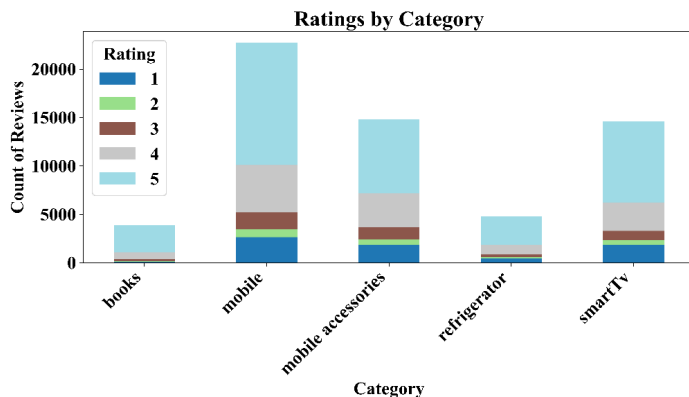
Сурет 8 - Өнімділік метрикалары

Accuracy мәні 0,9667 болды, бұл болжамдардың 96,67%-ы дұрыс екенін көрсетеді. Precision 0,9683 болды, яғни оң болжамдардың 96,83%-ы дұрыс. Recall = 0,9667, бұл шынайы оң жағдайлардың 96,67%-ы анықталғанын білдіреді. F1-score 0,9662 болды, ол precision мен recall арасындағы теңгерімді сипаттайды. 8-суретте көрсетілгендей, модель барлық маңызды метрикалар бойынша жақсы нәтиже береді, олардың мәндері 1-ге жуық.



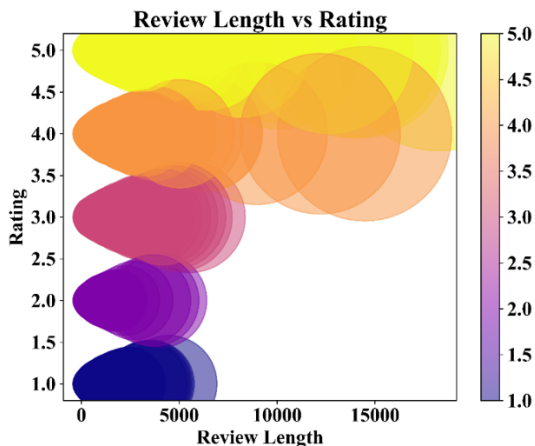
Сурет 9 - Модель дәлдігі

9-суретте модельдің 60 эпоха бойынша оқыту және валидация дәлдігі көрсетілген. Бастапқыда екі дәлдік те төмен болды (шамамен 0,6), бірақ оқыту үдерісі ілгерілеген сайын біртіндеп өсті. Оқыту дәлдігі (қою жасыл) жақсарып, 1,0-ге жақындайды, бұл модельдің жақсы үйреніп жатқанын көрсетеді. Валидация дәлдігі (ашық жасыл) де өсіп, оқытудың соңында шамамен 0,95-ке жетеді. Оқыту және валидация дәлдіктерінің айырмасы аз болды, бұл модельдің жақсы жалпыланғанын және артық үйренбегенін білдіреді.



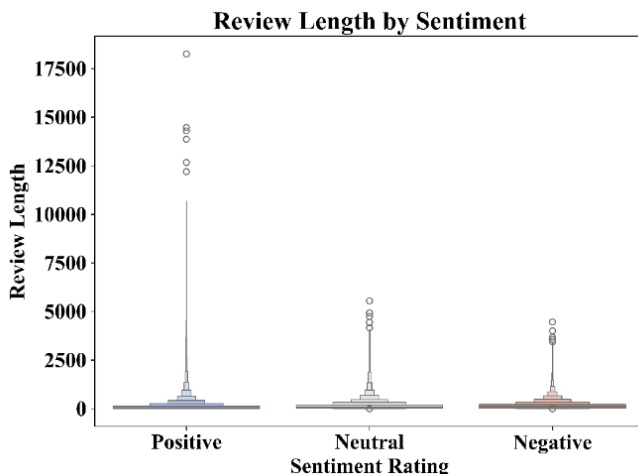
Сурет 10 - Санаттар бойынша рейтингтер

Mobile санатында пікірлер саны ең көп, 20 000-нан астам пікір бар; олардың басым бөлігі 5 жұлдызды (ашық көк) және 4 жұлдызды (қою сұр) рейтингтер. SmartTV пікірлері ең аз, шамамен 4 000, әрі олар негізінен 4 және 5 жұлдызды. Mobile Accessories және Refrigerators санаттарында пікірлер саны орташа деңгейде, ал Mobile Accessories санатында пікірлер арақатынасы анағұрлым теңгерімді, мұнда 3 және 2 жұлдызды пікірлердің үлесі салыстырмалы түрде жоғары. Books санатындағы пікірлер саны ең аз, 5 000-нан төмен, және рейтингтер әртүрлі деңгейлер бойынша біршама біркелкі таралған. 10-суреттегі диаграмма мобильді телефондарға қатысты өнімдердің басқа өнімдерге қарағанда жоғарырақ бағаланатынын көрсетеді.



Сурет 11 - Пікір ұзындығы және рейтинг

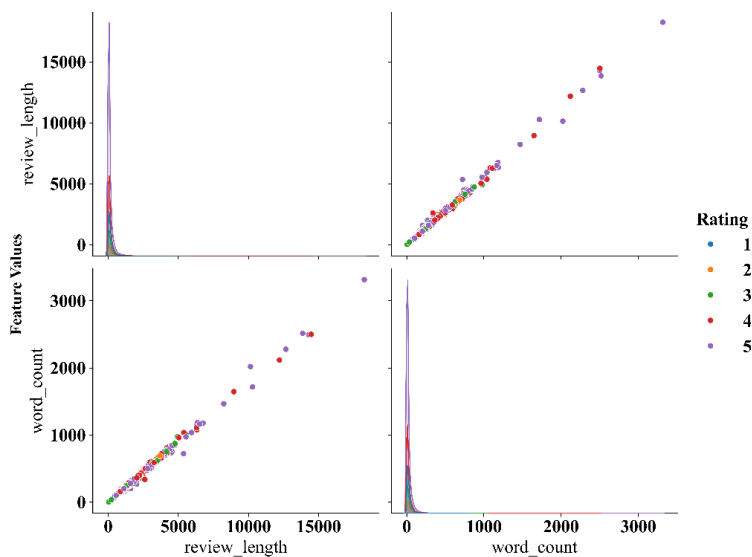
11-суретте x осінде пікір ұзындығы (0-15 000 таңба), ал y осінде рейтинг (1-5) көрсетілген. Көпіршік өлшемі сол санаттағы пікірлер санын білдіреді: үлкен көпіршіктер пікір санының көбірек екенін көрсетеді. Көріп отырғанымыздай, жоғарырақ бағаланған пікірлерде (тиісінше сары және ашық қызғылт түспен белгіленген 4,5 және 5 жұлдыз) пікір ұзындығы ұзағырақ және 5 000 таңбадан асады. Керісінше, төмен бағаланған пікірлер (күлгін және көк түспен белгіленген 1 және 2 жұлдыз) қысқарақ, олардың ұзындығы көбіне 0-5 000 таңба аралығында.



Сурет 12 - Сентимент бойынша пікір ұзындығы

12-суретте оң, бейтарап және теріс деп бөлінген сентимент рейтингтері бойынша пікір ұзындығының таралуы көрсетілген. X осі сентимент рейтингін, ал y осі таңбалар саны түріндегі пікір ұзындығын білдіреді. Оң

пікірлер жағдайында пікірдің медианалық ұзындығы көбірек, ал кейбір пікірлер 17 500 таңбадан асып, шеткі мәндер ретінде белгіленеді. Оң пікірлер кеңірек таралған және ұзын құйрыққа ие, бұл оң пікірлердің әдетте ұзағырақ әрі егжей-тегжейлі болатынын көрсетеді. Бейтарап пікірлер ұзындығы бойынша қысқарак, медианасы шамамен 300 таңба, ал пікірлердің көпшілігі шағын ауқымда орналасып, аз егжей-тегжейлі кері байланысты білдіреді. Теріс пікірлердің үлгісі бейтарап пікірлерге ұқсас, бірақ пікір ұзындығы сәл ұзағырақ; кейбіреулері 1 000 таңбаға дейін жетеді.



Сурет 13 - пікір ұзындығы, рейтинг және сөз саны

Рейтинг пен пікір ұзындығы және сөз саны бойынша шашырау графиктері матрицасы әртүрлі рейтингтер (1-5) үшін пікір ұзындығы мен сөз саны арасындағы байланыстарды көрсетеді (13- сурет). Шашырау графиктері пікір неғұрлым ұзын болса, пікірдегі сөз саны да соғұрлым жоғары болатынын және рейтингтің де жоғарырақ (әсіресе күлгін және қызыл түспен белгіленген 4 және 5 жұлдыз) болатынын көрсетеді. 1 жұлдызды рейтингтері бар пікірлердің (көк түспен) ұзындығы мен сөз саны әдетте қысқарак. Пікір ұзындығы мен сөз саны арасында жоғары корреляция байқалады. Сөз саны көп пікірлер (500-ден 3 000 сөзге дейін) көбіне жоғарырақ бағаланады, әсіресе 4 және 5 жұлдызды рейтингтерде. 1 жұлдызды пікірлер айтарлықтай қысқарак болды және олардың көпшілігі 500 сөзден аз қамтыды. 16-суретте көрсетілгендей, көлемді әрі ұзақ пікірлер, әдетте, жоғары бағамен байланысты болуы ықтимал.

**Қорытынды.** Бұл мақалада электрондық коммерция өнімдері туралы пікірлердің сентиментін талдау үшін Luong назар механизмін толықтырылған Bi-LSTM архитектурасына негізделген жетілдірілген сентиментті талдау жүйесі ұсынылды. Өнім пікірлеріндегі сентиментті талдауда көпқабатты

мағыналар мен күрделі құрылымдардан тұратын мәтіндік деректерді оқу және пайымдау қиындықтарын шешуде бұл тәсіл тиімді, өйткені ол модельге мәтіндегі ұзақ арақашықтықтағы тәуелділіктерді ескеруге және мәтіннің маңызды бөліктеріне назар аударуға мүмкіндік береді. Нәтижелер ұсынылған фреймворк сентиментті жіктеу дәлдігін арттыруда анағұрлым тиімді екенін және оң, теріс және бейтарап сентименттерді жоғары дәлдік пен толықтықпен ажырататыны бойынша дәстүрлі тәсілдермен салыстырғанда жақсырақ нәтиже беретінін көрсетеді. Модель 96,67% жоғары ассурасу мәнін көрсетті, ал precision және recall тиісінше 96,83% және 96,67% болды. Оқыту мен валидация өнімділігінің тұрақтылығы модельдің жақсы жалпыланатынын және артық үйрену деңгейінің төмен екенін көрсетті. Дегенмен модельді одан әрі жетілдіру үшін қосымша назар механизмдерін немесе доменге тән сипаттамаларды зерттеу неғұрлым нақты түсініктер беруге мүмкіндік береді. Болашақ жұмыстар модельді сарказм немесе контекстке тән эмоциялар сияқты күрделі сентимент вариацияларын өңдеуге бейімдеуге және фреймворкты басқа тілдерге әрі әртүрлі электрондық коммерция деректеріне кеңейтуге бағытталуы мүмкін, бұл оның әмбебаптығын арттырады.

#### Деректердің қолжетімділігі

<https://www.kaggle.com/datasets/thedevastator/amazon-customer-reviews-with-2013-2019-sentiment>

#### References

- Bello A., Ng S.-C., and Leung M.-F. (2023) A BERT framework to sentiment analysis of tweets. *Sensors*, 23. — P. 506. <https://doi.org/10.3390/s23010506> (in Eng.).
- Chen T., Tong C., Bai Y., Yang J., Cong G., and Cong T. (2022) Analysis of the public opinion evolution on the normative policies for the live streaming e-commerce industry based on online comment mining under COVID-19 epidemic in China. *Mathematics*, 10. — P. 3387. <https://doi.org/10.3390/math10183387> (in Eng.).
- Diekson Z.A., Prakoso M.R.B., Putra M.S.Q., Syaputra M.S.A.F., Achmad S., and Sutoyo R. (2023) Sentiment analysis for customer review: Case study of Traveloka. *Procedia Comput. Sci.*, 216. — P. 682–690. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.184> (in Eng.).
- Dubey P., Dubey P., and Bokoro P.N. (2025) Unpacking sarcasm: A contextual and transformer-based approach for improved detection. *Computers*, 14. — P. 95. <https://doi.org/10.3390/computers14030095> (in Eng.).
- Fan M., Tang Z., Qalati S.A., Tajeddini K., Mao Q., and Bux A. (2022) Cross-border e-commerce brand internationalization: An online review evaluation based on Kano model. *Sustainability*, 14. — P. 13127. <https://doi.org/10.3390/su142013127> (in Eng.).
- Fici A. et al. (2024) From e-commerce to the metaverse: A neuroscientific analysis of digital consumer behavior. *Behav. Sci.*, 14. — P. 596. <https://doi.org/10.3390/bs14070596> (in Eng.).
- Ghatora P.S., Hosseini S.E., Pervez S., Iqbal M.J., and Shaukat N. (2024) Sentiment analysis of product reviews using machine learning and pre-trained LLM. *Big Data Cogn. Comput.*, 8. — P. 199. <https://doi.org/10.3390/bdcc8120199> (in Eng.).
- Guo P., Li H., and Mo X. (2025) Quantifying post-purchase service satisfaction: A topic–emotion fusion approach with smartphone data. *Big Data Cogn. Comput.*, 9. — P. 125. <https://doi.org/10.3390/bdcc9050125> (in Eng.).
- Hassan S.U., Ahamed J., and Ahmad K. (2022) Analytics of machine learning-based algorithms for text classification. *Sustain. Oper. Comput.*, 3. — P. 238–248. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.03.001> (in Eng.).

Huang W., Lin M., and Wang Y. (2022) Sentiment analysis of Chinese e-commerce product reviews using ERNIE word embedding and attention mechanism. *Appl. Sci.*, 12. — P. 7182. <https://doi.org/10.3390/app12147182> (in Eng.).

Idries A., Krogstie J., and Rajasekharan J. (2022) Dynamic capabilities in electrical energy digitalization: A case from the Norwegian ecosystem. *Energies*, 15. — P. 8342. <https://doi.org/10.3390/en15228342> (in Eng.).

Ilieva G., Yankova T., Klisarova S., and Dzhabarova Y. (2022) Customer satisfaction in e-commerce during the COVID-19 pandemic. *Systems*, 10. — P. 213. <https://doi.org/10.3390/systems10060213> (in Eng.).

Kokab S.T., Asghar S., and Naz S. (2022) Transformer-based deep learning models for the sentiment analysis of social media data. *Array*, 14. — P. 100157. <https://doi.org/10.1016/j.array.2022.100157> (in Eng.).

Li H., Lu Y., Zhu H., and Ma Y. (2023) A novel AB-CNN model for multi-classification sentiment analysis of e-commerce comments. *Electronics*, 12. — P. 1880. <https://doi.org/10.3390/electronics12081880> (in Eng.).

Li Y., Shen Z., Zhao C., Chin K.-S., and Lang X. (2024) Understanding customer opinion change on fresh food e-commerce products and services-Comparative analysis before and during COVID-19 pandemic. *Sustainability*, 16. — P. 2699. <https://doi.org/10.3390/su16072699> (in Eng.).

Liu C., Chen T., Pu Q., and Jin Y. (2025) Text mining for consumers' sentiment tendency and strategies for promoting cross-border e-commerce marketing using consumers' online review data. *J. Theor. Appl. Electron. Commer. Res.*, 20. — P. 125. <https://doi.org/10.3390/jtaer20020125> (in Eng.).

Mabrouk A., Redondo R.P.D., and Kayed M. (2021) SEOpinion: Summarization and exploration of opinion from e-commerce websites. *Sensors*, 21. — P. 636. <https://doi.org/10.3390/s21020636> (in Eng.).

Madanchian M. (2024) The role of complex systems in predictive analytics for e-commerce innovations in business management. *Systems*, 12. — P. 415. <https://doi.org/10.3390/systems12100415> (in Eng.).

Nichifor E. et al. (2023) Utilising artificial intelligence to turn reviews into business enhancements through sentiment analysis. *Electronics*, 12. — P. 4538. <https://doi.org/10.3390/electronics12214538> (in Eng.).

Niculescu L., and Tudorache M.T. (2022) Human-computer interaction in customer service: The experience with AI chatbots-A systematic literature review. *Electronics*, 11. — P. 1579. <https://doi.org/10.3390/electronics11101579> (in Eng.).

Saoualih A. et al. (2024) Exploring the tourist experience of the Majorelle Garden using VADER-based sentiment analysis and the latent Dirichlet allocation algorithm: The case of TripAdvisor reviews. *Sustainability*, 16. — P. 6378. <https://doi.org/10.3390/su16156378> (in Eng.).

Taherdoost H., and Madanchian M. (2023) Artificial intelligence and sentiment analysis: A review in competitive research. *Computers*, 12. — P. 37. <https://doi.org/10.3390/computers12020037> (in Eng.).

Wang H., Li J., Wu H., Hovy E., and Sun Y. (2023) Pre-trained language models and their applications. *Engineering*, 25. — P. 51–65. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2022.04.024> (in Eng.).

Wang R., Xu S., Li S., and Pang Q. (2024) Research on influence mechanism of consumer satisfaction evaluation behavior based on grounded theory in social e-commerce. *Systems*, 12. — P. 572. <https://doi.org/10.3390/systems12120572> (in Eng.).

Xiong S., Tian W., Si H., Zhang G., and Shi L. (2024) A survey of the applications of text mining for the food domain. *Algorithms*, 17. — P. 176. <https://doi.org/10.3390/a17050176> (in Eng.).

Yang Y., Ma Y., Wu G., Guo Q., and Xu H. (2022) The insights, “comfort” effect and bottleneck breakthrough of “e-commerce temperature” during the COVID-19 pandemic. *J. Theor. Appl. Electron. Commer. Res.*, 17. — P. 1493–1511. <https://doi.org/10.3390/jtaer17040075> (in Eng.).

Yuan L., Liu H., Fu F., Liu Y., Zuo X., and Li L. (2025) Study of Zhejiang tangerine e-commerce reviews based on natural language processing. *Horticulturae*, 11. — P. 151. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11020151> (in Eng.).

Zhang X., and Guo C. (2024) Research on multimodal prediction of e-commerce customer satisfaction driven by big data. *Appl. Sci.*, 14. — P. 8181. <https://doi.org/10.3390/app14188181> (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](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://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.