

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE**

**№2
2026**

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



ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE

3 (359)

JULY – SEPTEMBER 2026

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

ALMATY, NAS RK

Chief Editor:

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

EDITORIAL BOARD:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Academic Scientific Journal of Computer Science

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

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

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

Subject area: *information and communication technologies*.

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

Periodicity: 4 times a year.

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

© «Central Asian Academic Research Center» LLP, 2026

БАС РЕДАКТОР:

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

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Academic Scientific Journal of Computer Science

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

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

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

Тақырыптық бағыты: *ақпараттық-коммуникациялық технологиялар*

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

© «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС, 2026

Главный редактор:

МУТАНОВ Галимканр Мутанович, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/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 Вальдемар, 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>

СМОЛАРЖ 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>

УСАТОВА Ольга Александровна, PhD, ассоциированный профессор, Главный ученый секретарь «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/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/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 переучет 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», 2026

CONTENTS

Akhmetova A.Zh., Kantureyeva M.A., Serimbetov B.A., Zhasuzakova M.Zh., Mustafayeva N.T. Identification of communities and active users in social networks.....	11
Akzhigitov D., Mukhtarkhanov M., Zhetpisbayeva A., Kulakayeva A., Zhetpisbayev K. Analysis of the mechanical structure of a 12U CubeSat nanosatellite and assessment of its mechanical stability.....	29
Alibekov A., Nurimanov A., Mukhametkali A., Kassym D., Varol H.A. Qolda-Math: a small vision-language model for mathematical reasoning in Kazakh.....	50
Alisheva S.S., Ospanova A.O., Shaimerdenova G.S., Shaimerdenova L., Zhidebayeva A.N. Detecting Kazakh language offensive comments in online content using deep learning algorithms.....	68
Askar G., Mutaikhan A., Aitkozhasyeva M., Nauryzbaikyzy G., Makhataeva Z. Retrieval beats fine-tuning: adapting a Kazakh small language model for historical question answering.....	86
Beissenova G.I., Shynzhigit B.B., Beisebayeva A.Zh., Kaldarova B.S., Lesbayev A.U. Deep neural network-based speaker authentication for secure access control systems.....	106
Bekenuly B., Baimakhanova A., Baiturganova V., Bolatbekova D. Comparison of CNN architectures for automated ACL injury classification from knee MRI.....	123
Bekbolat A., Razak A., Alimbayeva Z., Ozhikenova A. Multi-task deep learning for knee MRI pathology classification.....	139
Issakhov A., Akylbekkyzy A., Abylkassymova A. Predicting the spread of airborne viral infections in enclosed spaces.....	158
Kisseleva O., Abdramanov K., Naumenko V., Mukanova Z., Maintser D. Evaluation of serverless cold start optimization techniques.....	177
Koshkarov Ye.Zh., Amirgaliyev B.Ye., Mulesa O. Physics-aware masked pretraining for cross-basin well log foundation models.....	197
Kurmetkan T., Turysbek Zh., Mukhitova A., Nauryzbaeva A. Research on methods for reducing knowledge conflicts in large language models in Kazakh question-and-answer systems.....	214
Makatov Ye.K., Abdul Razaque, Ismukanova A.N., Salykova A.K., Glock E.S. Machine learning-based model for phishing URL detection in online social networks.....	233
Mimenbayeva A.B., Naizagarayeva A.A., Ospanova T.T., Koikelova D.K., Kudabayeva R.N. Spatial and climate data analysis for machine learning-based crop yield prediction in Northern Kazakhstan.....	255
Mukhamediev R.I., Abdoldina F.N., Gertsen Y.A. Economic opportunities and constraints of artificial intelligence adoption in Kazakhstan's resource-oriented economy.....	274

Mutanov G.M., Karyukin V.I., Ussatova O.A., Begimbayeva Y.Y., Baispay G.B. The assessment of blockchain readiness for academic document verification.....	289
Mussiraliyeva Sh., Bolatbek M., Baisylbayeva K. Classification of cyber-extremist ideologies in the Kazakh language considering multi-annotator disagreement.....	306
Omarov B.S., Sultan D.R., Rakhymberdiev D.S., Abibullayeva A.A., Toktarova A.B. Deformable attention-guided Transformer for brain tumor segmentation.....	326
Oralbekova D., Bekarystankyzy A., Yerimbetova A., Berzhanova U. Development of a streaming Kazakh speech recognition system using end-to-end models.....	346
Serek A., Shoiynbek A., Zheludkov M., Kuanyshbay D., Meraliyev B. Comparative analysis of machine learning methods for detecting fraud in text messages.....	365
Smakhanova A.K., Uskenbayeva R.K., Kassymova A.B., Kalpeyeva Zh.B., Konyrbaev N.B. Experimental research using models and methods of the university digital ecosystem.....	384
Sultanali A.E., Kazbekova G.N. Machine learning-based detection of AI-generated content in students' written works.....	401
Tashenova Zh., Yergazin A., Nurlybaeva E., Abdugulova Zh., Amanzholova Sh. Experimental evaluation of a hybrid IDPS with adaptive learning for low-latency 5G networks using edge computing.....	418
Telman D., Yerimbetova A., Daiyrbayeva E. Leakage-resistant fake news detection for Kazakh: temporal evaluation of lexical, Transformer and hybrid models.....	441
Zhanegizov A., Mamyrbayev O., Abdigappar M. Application of YOLO12 for road defect detection in GPR images.....	457

МАЗМҰНЫ

Ахметова А.Ж., Кантуреева М.А., Серимбетов Б.А., Жасұзақова М.Ж., Мұстафаева Н.Т. Әлеуметтік желілердегі қауымдастықтар мен белсенді қолданушыларды анықтау.....	11
Ақжігітов Д.Ж., Мұхтарханов М.О., Жетписбаева А.Т., Кулакаева А.Е., Жетписбаев К.У. 12U CubeSat үлгісіндегі наноспутниктің механикалық құрылымын талдау және оның механикалық орнықтылығын бағалау.....	29
Алибеков А., Нуриманов А., Мұхаметқали А., Қасым Д., Варол Х.А. Qolda-Math: қазақ тіліндегі математикалық пайымдауға арналған кіші көру-тілдік модель.....	50
Алишева С.С., Оспанова А.О., Шаймерденова Г.С., Шаймерденова Л., Жидебаева А.Н. Онлайн-контенттегі қазақ тіліндегі бейәдеп пікірлерді терең оқыту алгоритмдері арқылы анықтау.....	68
Асқар Ғ., Мұтайхан А., Айтқожаева М., Наурызбайқызы Г., Махатаева Ж. Retrieval fine-tuning-тен басым: тарихи сұрақтарға жауап беру үшін қазақша шағын тілдік модельді бейімдеу.....	86
Бейсенова Г.И., Шынжігіт Б.Б., Бейсебаева А.Ж., Қалдарова Б.С., Лесбаев А.У. Терең нейрондық желіге негізделген қауіпсіз басқару жүйелерінде сөйлеушіні аутентификациялау.....	106
Бекенұлы Б., Баймаханова А., Байтурганова В., Болатбекова Д. Алдыңғы крест тәрізді байлам жарақатын анықтауға арналған CNN архитектураларын салыстыру.....	123
Бекболат А., Разак А., Алимбаева Ж., Ожикенова А. Тізе MPT патологиясын жіктеуге арналған көп тапсырмалы терең оқыту.....	139
Исахов А.А., Ақылбекқызы А., Абылкасымова А. Шектеулі кеңістіктерде әуе тамшыларымен вирустық инфекцияның таралуын сандық модельдеу.....	158
Киселева О., Абдраманов Қ., Науменко В., Мұқанова Ж., Майнцер Д. Serverless жүйелеріндегі суық іске қосуды оңтайландыру әдістерін эксперименттік бағалау.....	177
Кошкарров Е.Ж., Амиргалиев Б.Е., Мүлеса О. Бассейнаралық ұңғымалық диаграммалардың іргелі модельдерін физикалық тұрғыдан негізделген масқаланған алдын ала оқыту.....	197
Құрметқан Т., Тұрысбек Ж., Мұхитова А., Наурызбаева А. Қазақ тіліндегі сұрақ-жауап жүйелерінде үлкен тілдік модельдердегі білім қайшылықтарын азайту әдістерін зерттеу.....	214
Мақатов Е.К., Abdul Razaque, Исмуканова А.Н., Салыкова А.К., Глюк Е.С. Онлайн әлеуметтік желілердегі фишингтік URL-дарды анықтауға арналған машиналық оқыту негізіндегі модель.....	233

Мименбаева А.Б., Найзағараева А.А., Оспанова Т.Т., Қойкелова Д.К., Қудабаева Р.Н. Солтүстік Қазақстандағы дақылдар өнімділігін машиналық оқыту арқылы болжауда кеңістіктік және климаттық деректерді талдау.....	255
Мухамедиев Р.И., Абдолдина Ф.Н., Герцен Е.А. Қазақстанның ресурстық бағытталған экономикасына жасанды интеллектті енгізудің экономикалық мүмкіндіктері мен шектеулері.....	274
Мутанов Г.М., Карюкин В.И., Усатова О.А., Бегимбаева Е.Е., Байспай Г.Б. Білім беру құжаттарының түпнұсқалығын тексеруге блокчейн технологиясының дайындығын бағалау.....	289
Мусиралиева Ш., Болатбек М., Байсылбаева К. Көпаннынотаторлы келіспеушілікті ескере отырып қазақ тіліндегі киберэкстремистік идеологияларды жіктеу.....	306
Омаров Б.С., Сұлтан Д.Р., Рахымбердиев Д.С., Абибуллаева А.А., Тоқтарова А.Б. Ми ісіктерін сегменттеуде деформацияланатын зейін механизміне негізделген мультимодальды трансформер.....	326
Оралбекова Д.О., Бекарыстанқызы А., Еримбетова А.С., Бержанова У.Г. Интегралды модельдерді қолдану арқылы қазақ тіліндегі ағындық сөйлеуді тану жүйесін әзірлеу.....	346
Серек А., Шойынбек А., Желудков М., Қуанышбай Д., Мералиев Б. Мәтіндік хабарламалардағы алаяқтықты анықтауға арналған машиналық оқыту әдістерінің салыстырмалы талдауы.....	365
Смаханова А.К., Ускенбаева Р.К., Касымова А.Б., Кальпеева Ж.Б., Қоңырбаев Н.Б. Университеттің цифрлық экожүйесінің модельдері мен әдістерін қолдана отырып жүргізілген эксперименттік зерттеу.....	384
Сұлтанәлі А.Е., Казбекова Г.Н. Білім алушылардың жазбаша жұмыстарындағы AI-контентті машиналық оқыту арқылы анықтау.....	401
Ташенова Ж.М., Ергазин Ә., Нұрлыбаева Ә.Н., Абдуғұлова Ж.К., Аманжолова Ш.А. Edge Computing көмегімен төмен кідірісті 5G желілеріне арналған бейімделгіш оқытуы бар гибриді IDPS-ті эксперименттік бағалау.....	418
Тельман Д., Еримбетова А., Дайырбаева Ә. Қазақ тіліндегі жалған жаңалықтарды анықтау: лексикалық, трансформерлік және гибридті модельдерді уақыт бойынша бағалау.....	441
Жанегизов А.С., Мамырбаев Ә.Ж., Абдіғаппар М.Д. YOLO12 моделін георадар кескіндеріне қолдану.....	457

СОДЕРЖАНИЕ

Ахметова А.Ж., Кантуреева М.А., Серимбетов Б.А., Жасузакова М.Ж., Мустафаева Н.Т. Выявление сообществ и активных пользователей в социальных сетях.....	11
Акжигитов Д.Ж., Мухтарханов М.О., Жетписбаева А.Т., Кулакаева А.Е., Жетписбаев К.У. Анализ механической конструкции наноспутника модели 12U CubeSat и оценка его механической устойчивости.....	29
Алибеков А., Нуриманов А., Мухаметкали А., Касым Д., Варол Х.А. Qolda-Math: маленькая мультимодальная модель зрения и языка для математических рассуждений на казахском языке.....	50
Алишева С.С., Оспанова А.О., Шаймерденова Г.С., Шаймерденова Л., Жидебаева А.Н. Выявление оскорбительных комментариев на казахском языке в онлайн-контенте с помощью алгоритмов глубокого обучения.....	68
Аскар Г., Мутайхан А., Айткожаева М., Наурызбайкызы Г., Махатаева Ж. Retrieval эффективнее fine-tuning: адаптация малой языковой модели казахского языка для ответов на исторические вопросы.....	86
Бейсенова Г.И., Шынжигит Б.Б., Бейсебаева А.Ж., Калдарова Б.С., Лесбаев А.У. Аутентификация личности по голосу на основе глубокой нейронной сети для систем безопасного управления доступом.....	106
Бекенулы Б., Баймаханова А., Байтурганова В., Болатбекова Д. Сравнение архитектур сверточных нейронных сетей для автоматической классификации разрыва ПКС по МРТ коленного сустава.....	123
Бекболат А., Разак А., Алимбаева Ж., Ожикенова А. Многозадачное глубокое обучение для классификации патологий колена по МРТ.....	139
Исахов А.А., Акылбеккызы А., Абылкасымова А. Прогнозирование распространения вирусной инфекции воздушно-капельным путем в замкнутых помещениях.....	158
Киселева О., Абдраманов К., Науменко В., Муканова Ж., Майнцер Д. Экспериментальная оценка методов оптимизации холодного запуска в serverless-системах.....	177
Кошкарар Е.Ж., Амиргалиев Б.Е., Мулеса О. Физически-осознанное маскированное предобучение для межбассейновых фундаментальных моделей каротажных диаграмм.....	197
Курметкан Т., Турысбек Ж., Мухитова А., Наурызбаева А. Исследование методов снижения конфликтов знаний в больших языковых моделях казахских вопросно-ответных систем.....	214
Макатов Е.К., Abdul Razaque, Исмуканова А.Н., Салыкова А.К., Глок Е.С. Модель обнаружения фишинговых URL в онлайн-социальных сетях на основе машинного обучения.....	233

Мименбаева А.Б., Найзагараева А.А., Оспанова Т.Т., Койкелова Д.К., Кудабаяева Р.Н. Анализ климатических данных для прогнозирования урожайности пшеницы методами машинного обучения в Северном Казахстане.....	255
Мухамедиев Р.И., Абдолдина Ф.Н., Герцен Е.А. Экономические возможности и ограничения внедрения искусственного интеллекта в ресурсно-ориентированной экономике Казахстана.....	274
Мутанов Г.М., Карюкин В.И., Усатова О.А., Бегимбаева Е.Е., Байспай Г.Б. Оценка готовности технологии блокчейн к проверке подлинности документов об образовании.....	289
Мусиралиева Ш., Болатбек М., Байсылбаева К. Классификация киберэкстремистских идеологий на казахском языке с учетом разногласий нескольких аннотаторов.....	306
Омаров Б.С., Султан Д.Р., Рахымбердиев Д.С., Абибуллаева А.А., Токтарова А.Б. Мультимодальный трансформер на основе механизма деформируемого внимания для сегментации опухолей головного мозга.....	326
Оралбекова Д.О., Бекарыстанкызы А., Еримбетова А.С., Бержанова У.Г. Распознавание казахской речи с применением интегральных моделей.....	346
Серек А., Шойынбек А., Желудков М., Куанышбай Д., Мералиев Б. Сравнительный анализ методов машинного обучения для выявления мошенничества в текстовых сообщениях.....	365
Смаханова А.К., Ускенбаева Р.К., Касымова А.Б., Кальпеева Ж.Б., Конырбаев Н.Б. Экспериментальное исследование с использованием моделей и методов цифровой экосистемы университета.....	384
Султанали А.Е., Казбекова Г.Н. Обнаружение AI-контента в письменных работах обучающихся методами машинного обучения.....	401
Ташенова Ж.М., Ергазин А., Нурлыбаева Э.Н., Абдугулова Ж.К., Аманжолова Ш.А. Экспериментальная оценка гибридной системы обнаружения и предотвращения вторжений (IDPS) с адаптивным обучением для сетей 5G с низкой задержкой с использованием граничных вычислений.....	418
Тельман Д., Еримбетова А., Дайырбаева Э. Обнаружение фейковых новостей на казахском языке: временная оценка лексических, трансформерных и гибридных моделей.....	441
Жанегизов А.С., Мамырбаев О.Ж., Абдигаппар М.Д. Применение модели YOLOv12 для анализа данных георадара.....	457

ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE

ISSN 1991-346X

Volume 3.

Number 359 (2026). 11–28

<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1726.449>

IRSTI 20.53.19

UDC 004.738.5:316.472.4

© Akhmetova A.Zh.^{1*}, Kantureyeva M.A.², Serimbetov B.A.³,
Zhasuzakova M.Zh.⁴, Mustafayeva N.T.⁵, 2026.

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

²Astana IT University, Astana, Kazakhstan;

³Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov,
Astana, Kazakhstan;

⁴Almaty Technological University. Almaty, Kazakhstan;

⁵Astana International University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: akhmetova_azh@mail.ru

IDENTIFICATION OF COMMUNITIES AND ACTIVE USERS IN SOCIAL NETWORKS

Akhmetova Aidana — Senior lecturer, PhD, Institute of Digital Sciences and Artificial Intelligence,
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan,

E-mail: akhmetova_azh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3876-1089>;

Kantureyeva Mansiya — PhD, Assistant Professor, School of Artificial Intelligence and Data
Science, Astana IT University, Astana, Kazakhstan,

E-mail: m.kantureyeva@astanaitedu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-5904-820X>;

Serimbetov Bulat — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of
Information Technology, Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov,
Astana, Kazakhstan,

mail: b.serimbetov@kaztbu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-4675-4388>;

Zhasuzakova Meiramkul — PhD, assistant professor of the Department of Computer Engineering
of Almaty Technological University. Almaty, Kazakhstan,

email: zhasuzakova.m@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7510-5948>;

Mustafayeva Nagima — PhD in Mathematics and Statistics, Senior Lecturer of the Higher School
of Information Technology and Engineering, Astana International University, Astana, Kazakhstan,

E-mail: nagimamustafa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8622-7748>.

Abstract. The article describes the method of analyzing social networks, which allows you to identify communities in social networks and communication between netizens and leaders. Social networks are convenient in that they allow you to see information about people in one place, communicate and exchange information with the right people. The work proposes a hybrid method based on rating analysis and hamming metrics for identifying active users and communities in social networks. This method consists of two stages. At the first stage, active

users are determined according to the rating criterion. The rating criterion is based on the level of connectivity in the network. At the second stage, the similarity of the profiles is assessed using the Hamming distance. Users were obtained in the form of binary structural profiles based on common neighbors. The method uses two threshold parameters: the first determines user activity, while the second determines the similarity between user profiles. The latter was selected by comparing modularity values on the graph examined in this study. In order to test the method, 200 users were obtained from the Facebook Social Circles dataset, consisting of 1,072 social contacts. The results of the study were compared with the Girvan–Newman and Louvain community identification algorithms. The following values were obtained: number of communities, modularity and execution time. The proposed Rating-Hamming approach identified 18 communities. Achieved a modularity value of 0.18745 at the execution time of 0.118 s. The results showed that it is more effective in terms of computing compared to the Girvan–Newman method. It shows that it combines the identification of active users and the analysis of structural similarity in a single mechanism. The obtained results apply only to the graph of the Facebook social network examined in this study. Accordingly, parameter selection and evaluation of the method's performance were carried out on the same graph. Therefore, the extent to which the results can be generalized to other datasets is limited. No additional sensitivity analysis of the parameter was conducted in this study.

Keywords: social networks; social data; analysis of social networks; data analysis, community discovery, rating method, Hamming metric

For citations: Akhmetova A.Zh., Kantureyeva M.A., Serimbetov B.A., Zhasuzakova M.Zh., Mustafayeva N.T. Identification of communities and active users in social networks. Academic Scientific Journal of Computer Science, 2026. — No.3. — P. 11–28. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1726.449>

© **Ахметова А.Ж.^{1*}, Кантуреева М.А.², Серимбетов Б.А.³,
Жасұзақова М.Ж.⁴, Мұстафаева Н.Т.⁵, 2026.**

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

² Astana IT University, Астана, Қазақстан;

³ Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті,
Астана, Қазақстан;

⁴ Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан;

⁵ Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан.

E-mail: akhmetova_azh@mail.ru

ӘЛЕУМЕТТІК ЖЕЛІЛЕРДЕГІ ҚАУЫМДАСТЫҚТАР МЕН БЕЛСЕНДІ ҚОЛДАНУШЫЛАРДЫ АНЫҚТАУ

Ахметова Айдана — PhD, аға оқытушы, Цифрлық ғылымдар және жасанды интеллект институты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

E-mail: akhmetova_azh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3876-1089>;

Кантуреева Мансия — PhD, ассистент-профессор, Жасанды интеллект және деректер ғылымы мектебі, Astana IT University, Астана, Қазақстан,

E-mail: m.kantureyeva@astanaitedu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-5904-820X>;

Серимбетов Булат — техника ғылымдарының кандидаты, Ақпараттық технологиялар кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,

E-mail: b.serimbetov@kaztbu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-4675-4388>;

Жасұзакова Мейрамкүл — PhD, Есептеу техникасы кафедрасының ассистент-профессоры, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: zhasuzakova.m@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7510-5948>;

Мұстафаева Нағима — математика және статистика саласындағы PhD, Ақпараттық технологиялар және инженерия жоғары мектебінің аға оқытушысы, Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан,

E-mail: nagimamustafa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8622-7748>.

Аннотация. Мақалада әлеуметтік желілердегі қауымдастықтарды, желі пайдаланушылары арасындағы байланыстарды және белсенді пайдаланушыларды анықтауға мүмкіндік беретін әлеуметтік желілерді талдау әдісі қарастырылған. Әлеуметтік желілер пайдаланушылар туралы ақпаратты бір ортада қарауға, қажетті адамдармен байланыс орнатуға және ақпарат алмасуға мүмкіндік береді. Зерттеуде әлеуметтік желілердегі белсенді пайдаланушылар мен қауымдастықтарды анықтауға арналған рейтингтік талдау мен Хэмминг метрикасына негізделген гибриді әдіс ұсынылады. Ұсынылған әдіс екі кезеңнен тұрады. Бірінші кезеңде белсенді пайдаланушылар желідегі байланыстылық деңгейіне негізделген рейтингтік критерий бойынша анықталады. Екінші кезеңде пайдаланушылар профильдерінің ұқсастығы Хэмминг қашықтығының көмегімен бағаланады. Ортақ көршілер негізінде пайдаланушылардың бинарлық құрылымдық профильдері қалыптастырылады. Әдісте екі шекті параметр қолданылады: бірінші параметр пайдаланушының белсенділік деңгейін, ал екіншісі пайдаланушылар профильдерінің ұқсастық дәрежесін анықтайды. Екінші шекті параметр зерттелген графтың модульділік мәндерін салыстыру негізінде таңдалды. Әдісті тексеру үшін Facebook Social Circles деректер жиынынан 200 пайдаланушы мен 1 072 әлеуметтік байланыстан тұратын іріктеме пайдаланылды. Зерттеу нәтижелері Girvan–Newman және Louvain қауымдастықтарды анықтау алгоритмдерінің нәтижелерімен салыстырылды. Салыстыру барысында анықталған қауымдастықтар саны, модульділік және орындалу уақыты бағаланды. Ұсынылған Rating–Hamming тәсілі 18 қауымдастықты анықтап, орындалу уақыты 0,118 с болған кезде 0,18745 модульділік мәніне қол жеткізді. Нәтижелер ұсынылған тәсілдің Girvan–Newman әдісімен салыстырғанда есептеу тұрғысынан тиімдірек екенін және белсенді пайдаланушыларды анықтау мен құрылымдық ұқсастықты талдауды біртұтас механизмде біріктіретінін көрсетті. Алынған нәтижелер осы зерттеуде қарастырылған Facebook әлеуметтік желісінің графымен шектеледі. Параметрлерді таңдау және әдістің тиімділігін бағалау бір граф

негізінде жүргізілгендіктен, нәтижелерді басқа деректер жиынтықтарына жалпылау мүмкіндігі шектеулі. Зерттеу аясында параметрлердің сезімталдығына қосымша талдау жүргізілген жоқ.

Түйін сөздер: әлеуметтік желілер; әлеуметтік деректер; әлеуметтік желілерді талдау; деректерді талдау; қауымдастықтарды анықтау; рейтингтік әдіс; Хэмминг метрикасы

© **Ахметова А.Ж.^{1*}, Кантуреева М.А.², Серимбетов Б.А.³,
Жасузакова М.Ж.⁴, Мустафаева Н.Т.⁵, 2026.**

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

² Astana IT University, Астана, Казахстан;

³ Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, Казахстан;

⁴ Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан;

⁵ Международный университет Астана (AIU), Астана, Казахстан.

E-mail: akhmetova_azh@mail.ru

ВЫЯВЛЕНИЕ СООБЩЕСТВ И АКТИВНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Ахметова Айдана — PhD, старший преподаватель Института цифровых наук и искусственного интеллекта, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, E-mail: akhmetova_azh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3876-1089>;

Кантуреева Мансия — PhD, ассистент-профессор Школы искусственного интеллекта и науки о данных, Astana IT University, Астана, Казахстан, E-mail: m.kantureyeva@astanaitedu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-5904-820X>;

Серимбетов Булат — кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры информационных технологий, Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, Казахстан, E-mail: b.serimbetov@kaztbu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-4675-4388>;

Жасузакова Мейрамкуль — PhD, ассистент-профессор кафедры вычислительной техники, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, E-mail: zhasuzakova.m@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7510-5948>;

Мустафаева Нагима — PhD в области математики и статистики, старший преподаватель Высшей школы информационных технологий и инженерии, Международный университет Астана, Астана, Казахстан, E-mail: nagimamustafa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8622-7748>.

Аннотация. В статье представлен метод анализа социальных сетей, позволяющий выявлять сообщества, связи между пользователями сети и активных пользователей, способных выполнять лидерские функции в сетевой структуре. Социальные сети предоставляют возможность получать информацию о пользователях в единой среде, устанавливать коммуникации и осуществлять обмен информацией. В работе предложен гибридный метод, основанный на рейтинговом анализе и метрике Хэмминга

и предназначенный для выявления активных пользователей и сообществ в социальных сетях. Предлагаемый метод состоит из двух этапов. На первом этапе активные пользователи определяются на основе рейтингового критерия, учитывающего уровень связности в сети. На втором этапе сходство пользовательских профилей оценивается с помощью расстояния Хэмминга. На основе общих соседей формируются бинарные структурные профили пользователей. Метод предусматривает использование двух пороговых параметров: первый определяет уровень активности пользователя, второй - степень сходства пользовательских профилей. Вторым пороговым параметром был выбран путем сравнения значений модульности исследуемого графа. Для апробации метода из набора данных Facebook Social Circles была сформирована выборка, включающая 200 пользователей и 1 072 социальные связи. Полученные результаты сопоставлялись с результатами алгоритмов выявления сообществ Girvan–Newman и Louvain. Сравнение проводилось по количеству выявленных сообществ, значению модульности и времени выполнения. Предложенный подход Rating–Hamming выявил 18 сообществ и обеспечил значение модульности 0,18745 при времени выполнения 0,118 с. Результаты показали, что предложенный подход является более эффективным с вычислительной точки зрения по сравнению с методом Girvan–Newman и позволяет объединить выявление активных пользователей и анализ структурного сходства в рамках единого механизма. Полученные результаты относятся только к исследованному графу социальной сети Facebook. Поскольку подбор параметров и оценка эффективности метода проводились на одном и том же графе, возможности обобщения результатов на другие наборы данных ограничены. Дополнительный анализ чувствительности параметров в рамках исследования не проводился.

Ключевые слова: социальные сети; социальные данные; анализ социальных сетей; анализ данных; выявление сообществ; рейтинговый метод; метрика Хэмминга.

Кіріспе. Қазіргі уақытта әлеуметтік медиа байланыс пен ақпарат алмасудың ең кең таралған құралдарының бірі болып табылады. Цифрлық технологиялардың дамуы әлеуметтік платформаларды пайдаланушылар шығаратын деректер көлемінің айтарлықтай өсуіне әкелді. Әлеуметтік желі қолданушылары жарияланымдар жасайды, хабарламалар алмасады, топтар құрады, бір-біріне жазылады, ақпаратты таратуға қатысады (Schindler et al., 2025) және жарияланған ақпаратқа кері байланыс білдіреді (Nam and Hwang, 2021). Мұндай өзара әрекеттесулердің жиынтығы пайдаланушылар арасындағы байланыстардың күрделі желісін құрайды. Бұл байланыстардың құрылымын талдау қатысушылардың өзара әрекеттесу ерекшеліктерін зерттеуге, ең белсенді пайдаланушыларды анықтауға, тұрақты топтарды анықтауға және ақпараттың таралу механизмдерін талдауға мүмкіндік береді (Singh et al., 2023). Әлеуметтік медианы талдаудың негізгі міндеттерінің

бірі - қауымдастықтарды анықтау. Қауымдастық деп желінің қалған мүшелерімен өзара әрекеттесумен салыстырғанда олардың арасында тығыз байланыс бар пайдаланушылар тобы түсініледі. Мұндай топтарды анықтау әлеуметтік процестерді зерттеуге, пайдаланушылардың мінез-құлқын талдауға, аудиторияны сегменттеуге және ақпараттың таралуын зерттеуге қызығушылық тудырады (Nooribakhsh et al., 2024). Әлеуметтік желінің көшбасшыларын анықтау да маңызды міндет болып табылады. Көшбасшылар белсенділіктің жоғары деңгейіне, байланыстардың едәуір мөлшеріне немесе басқа қатысушыларға әсер ету қабілетіне ие пайдаланушыларды қарастыруы мүмкін. Мұндай пайдаланушыларды анықтау әлеуетті тарату орталықтарын анықтауға және желі ішіндегі әсер ету құрылымын зерттеуге мүмкіндік береді (Panchendrarajan and Saxena, 2022; Rashid and Bhat, 2024). Әлеуметтік желілерді талдау мәселелерін шешу үшін графиктер теориясының әдістері, кластерлеу әдістері, орталықтылық көрсеткіштері және қауымдастықтарды іздеудің әртүрлі алгоритмдері кеңінен қолданылады (Nooribakhsh et al., 2024). Алайда, кейбір жағдайларда желі құрылымы тікелей дайын баған түрінде берілмейді және сараптамалық бағалаулар, қатысушылардың өзара әрекеттесу нәтижелері немесе басқа Сандық сипаттамалар негізінде құрылуы мүмкін (Rashid and Bhat, 2024; Panchendrarajan and Saxena, 2022).

Әдебиеттерге шолу. Желі қолданушылары арасындағы өзара байланысты талдау үшін талғамдарды талдау (Kryuchkov, Murzin and Nartov, 1995) әдісіне модификация жасаланып, қолданылды. Бұл жұмыс бағалау матрицасын, рейтингтік талдауды және Хамминг метрикасын дәйекті пайдалануға негізделген көшбасшылар мен қауымдастықтарды анықтау әдісін ұсынады. Бірінші кезеңде әрбір қатысушы үшін зерттеу тобының ең маңызды мүшелерін анықтауға мүмкіндік беретін рейтинг есептеледі. Белсенді пайдаланушыларды бөлгеннен кейін олардың өзара байланысының графигі жасалады. Байланыстар құрылымының ұқсастығын талдау үшін екілік векторлар құрылады, олардың арасында Хемминг қашықтығы есептеледі.

Әлеуметтік желілерге қатысты бұл метрика соңғы жылғы зерттеуде қауымдастықтарды анықтау нәтижелеріндегі әділдікті бағалау үшін қолданылған: түйіндердің бастапқы және өзгертілген қауымдастыққа тиесілігін сипаттайтын екілік векторлар салыстырылып, олардың айырмашылығы өлшенеді (Corriera, Frank W. Takes and Akрати Saxena). Бұл мысал Хемминг қашықтығының желідегі қауымдастық құрылымын екілік түрде сипаттаған кезде қолдануға болатындығын көрсетеді. Алайда аталған зерттеуде метрика белсенді пайдаланушыларды рейтинг арқылы іріктеу үшін емес, қауымдастыққа жатқызу нәтижелеріндегі өзгерісті бағалау үшін пайдаланылған. Тағы бір зерттеулерде әлеуметтік профильдерді вектор түрінде ұсынып, олардың ұқсастығын Хэмминг қашықтығына негізделген әдіспен іздеу жүйесінде қолданған (Da Silva Villaca and de Paula). Зерттеуде профильдер арасындағы Хэмминг ұқсастығы әлеуметтік желідегі пайдаланушыларды салыстыруға жарамды тәсіл ретінде қарастырылған.

Бұл жұмыс Хэмминг метрикасын элеуметтік профильдерге қолданудың мүмкіндігін көрсетеді, алайда оның негізгі міндеті қауымдастықтарды анықтау емес, ұқсас профильдерді іздеу болып табылады.

Элеуметтік желілердегі қауымдастықтарды анықтау кезінде тек пайдаланушылардың өзара байланыстарын ғана емес, олардың белсенді әрекеттерін де ескеру маңызды. Мысалы, пайдаланушылардың жарияланымдарды бөлісуі және бір-бірімен тікелей немесе жанама әрекеттесуі олардың ортақ қызығушылықтарын айқындауға көмектеседі. Осы бағыттағы зерттеуде қауымдастықтар пайдаланушылардың өзара әрекеттесу тізбектерін талдау арқылы анықталады.

Зерттеудің мақсаты - қатысушылардың рейтингін бағалау және Хэмминг метрикасын қолдана отырып, олардың байланыс құрылымдарының ұқсастығын талдау негізінде элеуметтік желілердегі көшбасшылар мен қауымдастықтарды анықтау әдісін әзірлеу. Мақсатқа жету үшін келесі міндеттер шешіледі: элеуметтік желіні пайдаланушылардың бағалау матрицасын қалыптастыру; қатысушылардың рейтингін есептеу процедурасын жасау; шекті мәнге негізделген ең белсенді пайдаланушыларды бөлектеу әдісін анықтау; пайдаланушылардың өзара байланысын граф түрінде ұсыну; қатысушылардың байланыстарының екілік векторларын қалыптастыру; пайдаланушылардың ұқсастық дәрежесін анықтау үшін Хэмминг метрикасын қолдану; пайдаланушыларды қауымдастықтарға біріктіру алгоритмін жасау.

Аталған міндеттерді орындау барысында элеуметтік желі құрылымын сипаттайтын бастапқы деректерді дайындау және оларды алгоритмде қолдануға ыңғайлы форматқа келтіру қарастырылады. Бағалау матрицасы пайдаланушылар туралы бастапқы ақпаратты жүйелеуге мүмкіндік береді. Оның негізінде әр қатысушының рейтингі есептеліп, белгіленген шекке сәйкес белсенді пайдаланушылар жиыны анықталады. Бұл кезеңде рейтингті есептеу тәсілі зерттелетін желінің ерекшелігіне сай таңдалады. Келесі міндеттер пайдаланушылар арасындағы байланыстарды граф арқылы сипаттауға және әрбір пайдаланушының құрылымдық профилін құруға бағытталады. Екілік векторлар желідегі байланыстардың бар-жоғын көрсету үшін пайдаланылады. Хэмминг метрикасы осы векторларды салыстырып, пайдаланушылардың байланыс құрылымдарының айырмашылығын сандық түрде бағалауға мүмкіндік береді. Қашықтықтың төмен мәні профильдердің өзара ұқсас екенін, ал жоғары мәні олардың айырмашылығы көбірек екенін білдіреді.

Соңғы кезеңде рейтинг пен құрылымдық ұқсастық нәтижелері негізінде пайдаланушыларды қауымдастықтарға біріктіру ережелері анықталады. Алгоритмнің жұмысы нақты элеуметтік желі деректерінде тексеріліп, алынған қауымдастықтардың саны, құрамы және құрылымдық сипаттамалары талданады. Сонымен қатар ұсынылған тәсілдің нәтижелері қолданыстағы қауымдастықтарды анықтау алгоритмдерімен салыстырылады. Мұндай

салыстыру әдістің ерекшеліктерін, қолданылу мүмкіндіктерін және шектеулерін бағалауға жағдай жасайды.

Материалдар мен әдістер. Қауымдастықтарды анықтау әдісі

Әлеуметтік желі график түрінде ұсынылуы мүмкін:

$$G=(V,E)$$

мұндағы (V) көптеген пайдаланушыларды, ал (E) олардың арасындағы байланыстарды білдіреді. Әлеуметтік желілердегі қауымдастықтарды анықтауға арналған заманауи тәсілдерге шолу Nooribakhsh және әріптестерінің еңбегінде берілген (Nooribakhsh., 2024). Әлеуметтік өзара әрекеттесуді график түрінде қайта құру әлеуметтік желіні талдаудың негізгі тәсілдерінің бірі болып табылады. Пайдаланушылардың өзара әрекеттесу сипатына байланысты график бағдарланған немесе бағдарланбаған болуы мүмкін. Бағдарланған бағанда байланыс белгілі бір бағытқа ие, мысалы, бір пайдаланушының екіншісіне жазылуы. Бағдарланбаған бағанда байланыс екі пайдаланушының өзара әрекеттесуін сипаттайды. Желінің маңызды қатысушыларын анықтау үшін Орталықтың әртүрлі көрсеткіштері қолданылады. Ең қарапайымдарының бірі-пайдаланушының тікелей байланыстарының санын анықтайтын шыңның көрсеткіші. Сонымен қатар, аралық және жақын орталық көрсеткіштері, сондай-ақ бүкіл желінің құрылымын ескеретін рейтинг алгоритмдері қолданылады. Қауымдастықтарды анықтау алгоритмдерін бағалау және салыстыру мәселелері Kanavos және әріптестерінің зерттеуінде қарастырылған (Kanavos, 2022).

Қауымдастықтарды анықтау көптеген пайдаланушыларды топтарға бөлу міндеті болып табылады. Бұл жағдайда бір топтың ішіндегі пайдаланушылар басқа топтардың пайдаланушыларына қарағанда бір-бірімен тығыз немесе ұқсас байланыста болуы керек. Қолданыстағы әдістерде бұл мәселені шешудің әртүрлі тәсілдері қолданылады.

Қауымдастықтарды анықтау әдістерін шартты түрде бірнеше топқа бөлуге болады: Қырларды жою әдістері - мұнда қауымдастықтар арасындағы байланыстырушы қырлар анықталып, оларды кезең-кезеңімен алып тастау арқылы граф бірнеше топқа бөлінеді. Модульділікті оңтайландыру әдістері ішкі байланыстары тығыз, ал өзара байланыстары салыстырмалы түрде сирек топтарды табуға бағытталған. Кластерлеу және машиналық оқыту тәсілдері түйіндердің құрылымдық немесе қосымша белгілерін пайдаланып, ұқсас пайдаланушыларды бір қауымдастыққа біріктіреді. Қауымдастықтарды анықтау алгоритмдерінің түрлері мен оларды бағалау тәсілдері заманауи шолу жұмыстарында қарастырылады (Nooribakhsh, 2024; Singh and Garg, 2025).

Кеңінен белгілі әдістердің бірі— Girvan–Newman алгоритмі. Ол қырлардың делдалдық орталықтылығын (edge betweenness) есептеп, көрсеткіші

жоғары қырларды біртіндеп алып тастау арқылы желіні қауымдастықтарға бөледі (Girvan and Newman, 2002). Бұл әдістің негізгі идеясы — әртүрлі қауымдастықтарды байланыстыратын қырлардың делдалдық көрсеткіші жоғары болуы мүмкін деген болжамға сүйену.

Тағы бір кеңінен қолданылатын тәсіл — Louvain алгоритмі. Ол модульділік (modularity) көрсеткішін арттыру арқылы желіні қауымдастықтарға бөледі (Blondel, 2008). Louvain алгоритмінің маңызды ерекшелігі — үлкен желілерді салыстырмалы түрде жылдам өңдей алуы. Қауымдастықтарды анықтау алгоритмдерін бағалау және салыстыру мәселелері Kanavos және әріптестерінің зерттеуінде де қарастырылған (Kanavos, 2022).

Осы жұмыста Girvan–Newman және Louvain әдістері ұсынылған Rating–Hamming тәсілімен салыстыру үшін қолданылды. Бірақ ұсынылған әдістің ерекшелігі – қауымдастықтарды анықтаумен қатар, желідегі белсенді қолданушыларды да анықтауға мүмкіндік беруі.

Бірінші процедура бағалау матрицасы негізінде әлеуметтік желінің әлеуетті көшбасшыларын анықтауға мүмкіндік береді. Екінші процедура пайдаланушылар арасындағы қауымдастықтарды олардың байланыстары мен Хамминг метрикасының екілік көрінісі негізінде анықтауға арналған.

Топ (ұжым) мүшелерін келесі белгімен белгілейік – $n = \{1, 2, 3, \dots, n\}$. Белгілі бір эксперттер тобы болсын делік, олар ұжымның әрбір мүшесін түрлі критерийлер бойынша 10 балдық шкаламен бағалайды. Деректерді матрицаға енгіземіз (Матрица $n \times n$). Мысалы, $n=5$ ($A=(a_{ij}) : i = \underline{1, n}, j = \underline{1, n}$) болсын, онда матрица келесіге түрге ие болады:

Кесте 1— Бағалау матрицасының мысалы

	1	2	3	4	5
1	5	2	3	4	9
2	9	8	4	5	6
3	5	5	1	4	7
4	7	6	3	2	8
5	8	6	4	3	7

Келесі ұжымның i -ші мүшесінің R_j - рейтингін анықтаймыз, оның мәні баған бойынша бағалардың суммасы болып табылады:

$$R_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (1)$$

R_j мәні неғұрлым жоғары болса, тиісті пайдаланушының интегралды бағасы соғұрлым жоғары болады. Қатысушыларды бағалау үшін сандық бағалауды қолдану зерттеу тобында маңыздылығы жоғары пайдаланушыларды бөлуге мүмкіндік береді (Kanavos, 2022)

Бұл жұмыста төбенің рейтингін анықтаудың екі тәсілі қолданылады. Бірінші тәсілде рейтинг сарапшылардың берген бағаларын қосу арқылы есептеледі. Екінші тәсілде, Facebook желісін зерттеу кезінде, рейтинг төбенің неше басқа төбемен байланысқанын көрсетеді. Яғни, Facebook тәжірибесінде сарапшылардың бағалары қолданылмайды сарапшылардың бағасы орнына байланыстар санымен алмастырылады — екеуі екі түрлі көрсеткіш.

Енді белгілі r шекті мәнін анықтап аламыз да, топтың рейтингі жоғары мүшелерін жинақтаймыз. Яғни, рейтингі $R_i > r$ болатын топ мүшелері бір жиынға жинақталады:

$$R_i \rightarrow V_{\varepsilon i} = \{j | a_{ij} \geq \varepsilon\} \quad (2)$$

мұндағы ε -шеңбер.

Топтың $U = \{1, \dots, n\}$ мүшелері жиынынан $P(U) = \{U \text{ жиынының барлық жиыншаларынан құралған жиын}\}$ жиынын таңдаймыз. Топ мүшелерін жиынға біріктіреміз, егерде жиынға жататын болса 1, кері жағдайда 0 қоямыз.

$$U \in P(U) \rightarrow \langle l_1^1, l_1^2, \dots, l_1^n \rangle = l_1$$

$$U \rightarrow \langle l_1^1, l_1^2, \dots, l_1^n \rangle = l_2$$

Бос жиын 0-ден тұрады:

$$\emptyset \rightarrow \langle 0 \dots 0 \rangle$$

Белсенді пайдаланушылардың өзара байланысының графигін құру. Белсенді қатысушылар анықталғаннан кейін олардың өзара байланыстарының графигі құрылады. Графиктің шындары-массивке кірген пайдаланушылар (U):

$$V = U.$$

Жиектер жиыны (E) тиісті пайдаланушылар арасындағы байланыстың болуына байланысты анықталады.

Жалпы жағдайда қатынастардың графигін келесі түрде ұсынуға болады:

$$G_L = (U, E_U)$$

Пайдаланушылар арасындағы байланыс әртүрлі жолдармен анықталуы мүмкін. Критерий ретінде тікелей өзара әрекеттесудің болуы, хабар алмасу, өзара жазылу, мүдделердің сәйкес келуі немесе бағалаудың белгіленген мәнінен асып кетуі қолданылуы мүмкін. Графикті одан әрі талдау үшін әр пайдаланушыға байланыстардың екілік векторы салыстырылады.

Хэмминг метрикасын арқылы қауымдастықтарды анықтау

Пайдаланушылардың қауымдастықтарға қатыстылығын анықтау үшін олардың байланыс құрылымының екілік көрінісі қолданылады.

Әр U_i пайдаланушыға $x_i = \langle x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in} \rangle$ вектор сәйкес келеді. Мұнда:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{егер } U_i \text{ және } U_j \text{ арасында байланыс болса} \\ 0, & U_i \text{ және } U_j \text{ арасында байланыс болмаса} \end{cases}$$

Әрбір екілік вектор белгілі бір пайдаланушының әлеуметтік желінің басқа мүшелерімен байланысының құрылымын көрсетеді.

Ал енді топ мүшесі анықталған қауымдастыққа жатады ма жоқ па анықтау үшін Хемминг метрикасын қолданамыз. p - Хемминг метрикасы:

$$\rho(x_1, x_2) = \frac{\sum_{i=1}^n x_1^i * x_2^i}{n} \quad (3)$$

Егер $p < 0,5$ болса, онда олар бір қауымдастықта, кері жағдайда әр түрлі қауымдастықта жататынын айтуымызға болады.

Бұл жұмыста екі шек параметрлері қолданылды: p және r . p — төбенің белсенділігін анықтайтын шек, ал нақты әлеуметтік желі деректерін талдауда r — екі төбенің ұқсастығын анықтайтын шек. Сондықтан олардың мәндері бірдей болмауы мүмкін.

Алгоритмді орындау нәтижесінде анықталған қауымдастықтарға сәйкес келетін көптеген пайдаланушылар құрылады.

Нәтижелер. Ұсынылған алгоритмді түсіндіру үшін 5 қолданушыдан тұратын үлгілік әлеуметтік желіге сынақ жүргізілді. Алгоритмнің бірінші қадамында қолданушылардың өзара бағалау матрицасы алынған болатын (кесте 1)

$$A = \begin{pmatrix} 5 & 2 & 3 & 4 & 9 \\ 9 & 8 & 4 & 5 & 6 \\ 5 & 5 & 1 & 4 & 7 \\ 7 & 6 & 3 & 2 & 8 \\ 8 & 6 & 4 & 3 & 7 \end{pmatrix}$$

Әр қолданушының интегралдық рейтингі әрбір бағанның қосындысы ретінде есептеледі. Әр қатысушының рейтингін есептейік:

$$R_1 = 5 + 9 + 5 + 7 + 8 = 34$$

$$R_2 = 2 + 8 + 5 + 6 + 6 = 27$$

$$R_3 = 3 + 4 + 1 + 3 + 4 = 15$$

$$R_4 = 4 + 5 + 4 + 2 + 3 = 18$$

$$R_5 = 9 + 6 + 7 + 8 + 7 = 37$$

Осыған сәйкес рейтинг векторы келесідей: $R = (34, 27, 15, 18, 37)$.

Біздің жағдайда $R_5 = 37$ бірінші орында, яғни рейтингтің максималды мәні бесінші қатысушыға сәйкес келеді. Демек, берілген пайдаланушыны зерттеу тобының ең ықпалды немесе маңызды мүшесі ретінде қарастыруға болады.

Кесте 2 — Қолданушылар рейтингісінің нәтижелері

Қатысушы	Рейтинг	Орын
U1	34	2
U2	27	3
U3	15	5
U4	18	4
U5	37	1

Алгоритмнің келесі қадамы шекті мәнді анықтау. Бәздің жағдайда шекті мәнді $r=25$ деп алайық. Сәйкесінше:

U1 : $34 \geq 25$ белсенді

U2 : $27 \geq 25$ белсенді

U3 : $15 \geq 25$ белсенді емес

U4 : $18 \geq 25$ белсенді емес

U5 : $37 \geq 25$ белсенді

Келесі қадам қауымдастықтарды анықтау, ол үшін қолданушылар арасында байланыстың екілік вектор түріндегі үлгісін қолданамыз.

$$x_1 = \langle 0, 1, 1, 0, 1 \rangle$$

$$x_2 = \langle 1, 0, 1, 0, 1 \rangle$$

$$x_3 = \langle 1, 1, 0, 1, 0 \rangle$$

$$x_4 = \langle 0, 0, 1, 0, 1 \rangle$$

$$x_5 = \langle 1, 1, 0, 1, 1 \rangle$$

Екі қолданушы арасындағы байланыс қашықтыңғы Хэмминг метрикасы (3) формула арқылы есептеледі және есептеу нәтижелері төмендегі кестеде көрсетілген.

Кесте 3 — Қолданушылар арасындағы Хэмминг метрикасының нәтижелері

Қолданушылар жұбы	Хэмминг метрикасы	Қауымдастыққа жатқызу
U1-U2	0,4	Бір қауымдастық
U1-U3	0,8	Өртүрлі қауымдастық
U1-U4	0,4	Бір қауымдастық
U1-U5	0,6	Өртүрлі қауымдастық
U2-U3	0,8	Өртүрлі қауымдастық
U2-U4	0,4	Бір қауымдастық

U2-U5	0,6	Әртүрлі қауымдастық
U3-U4	0,8	Әртүрлі қауымдастық
U3-U5	0,2	Бір қауымдастық
U4-U5	0,6	Әртүрлі қауымдастық

Бұл жерде қауымдастықтарға біріктіру шегі ретінде жоғарыда айтылғандай $p < 0,5$ шарты қолданылады. Осы шарт бойынша U1, U2, U4 қолданушыларының байланыс құрылымдары өзара ұқсас екенін көруге болады және оларды бірінші қауымдастыққа біріктіруге болады: $C1=(U1, U2, U4)$. Ал U3 және U5 екінші қауымдастыққа жатқызылады: $C2=(U3, U5)$. Сонымен, сынақ есептеулері бойынша 5 желі қолданушысы 2 қауымдастыққа бөлінді және қолданушылар арасындағы көсбасшылар рейтингі анықталды.

Нақты деректермен жүргізілген есептеулер.

Әрі қарайғы зерттеулер ұсынылған алгоритмді әлеуметтік желілердің нақты деректерінде есептеу эксперименттерін жүргізуге және алынған нәтижелерді қауымдастықтарды анықтаудың қолданыстағы алгоритмдерімен салыстырмалы талдауға бағытталды.

Сынақта Stanford Network Analysis Project (SNAP) жобасы ұсынған Facebook Social Circles деректер жиыны пайдаланылды (Stanford Network Analysis Project). Онда деректер жиыны 4039 түйін мен 88 234 қырдан тұратыны, сондай-ақ пайдаланушылардың әлеуметтік орталарын сипаттайтын ақиқат белгілері (ground truth) бар (Gupta, S. K., and Singh, D. P). Бұл деректер жиыны Facebook әлеуметтік желісіндегі пайдаланушылар арасындағы байланыстарды граф түрінде зерттеуге арналған. Онда пайдаланушылар графтың түйіндерімен, ал олардың арасындағы достық байланыстар қырлармен көрсетіледі.

Деректер жиынының ерекшелігі — пайдаланушылар арасындағы байланыстармен қатар, кейбір пайдаланушылар үшін әлеуметтік орталар немесе «шеңберлер» туралы ақпараттың да берілуі. Мұндай деректер әлеуметтік желінің құрылымын, пайдаланушылардың байланысу сипатын және желі ішіндегі топтардың қалыптасуын зерттеуге мүмкіндік береді. Бұл желі құрылымын және қауымдастықтарды анықтау әдістерін зерттеуге қолайлы етеді. Деректер жиынының бастапқы сипаттамасында Facebook желісінен жиналған профильдер, байланыстар және қолмен белгіленген әлеуметтік орталар қамтылғаны көрсетілген.

Сынақ жүргізу үшін осы деректер жиынынан алынған 200 қолданушыдан тұратын байланысқан ішкі графта бағаланды. Эксперименттік желі 200 пайдаланушыдан, 1072 бағытталмаған байланыстан, бір байланысқан компоненттен тұрды. Ал түйіндердің орташа дәрежесі 10,72-ге тең болды.

Әр пайдаланушының рейтингі түйін дәрежесі бойынша есептелді. Degree distribution-ның 70-процентилі 12-ге тең болды. Сондықтан $R_i \geq 12$ шартын қанағаттандыратын қолданушылар белсенді деп жіктелді. Нәтижесінде 61 пайдаланушы белсенді қолданушы ретінде анықталды.

Белсенді пайдаланушыларды бөліп көрсету ұсынылған әдістің алғашқы кезеңі болып табылады. Келесі кезеңде әрбір белсенді пайдаланушының құрылымдық профилі қалыптастырылып, пайдаланушылар арасындағы ұқсастық Хэмминг қашықтығы арқылы бағаланды. Бұл кезеңде пайдаланушылардың профильдері бинарлық векторлар түрінде ұсынылады: вектордың әрбір компоненті тиісті пайдаланушы мен желідегі басқа түйін арасындағы байланыстың бар-жоғын сипаттайды. Екі профильдің Хэмминг қашықтығы олардың сәйкес келмейтін компоненттерінің санын көрсетеді. Қашықтық мәні аз болған сайын, салыстырылатын пайдаланушылардың құрылымдық профильдері бір-біріне ұқсас болады.

Осыған орай әлеуметтік желінің ерекшелігі ескерілді. Көптеген қолданушылар бір-бірімен тікелей байланыспайды. Сондықтан байланыс векторларында 0 мәндері көп. Бұл жағдайда Хэмминг қашықтығы пайдаланушылардың ұқсастығын дәл көрсете бермейді. Сол үшін қолданушыларды ортақ көршілері арқылы салыстырдық. Бұл олардың әлеуметтік желідегі ұқсастығын жақсырақ көрсетуге мүмкіндік береді. Осыған сәйкес Әр U_i пайдаланушының $x_i = \langle x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in} \rangle$ векторы келесі түрде анықталады:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & U_i \text{ және } U_j \text{ ортақ көршілері болса} \\ 0, & U_i \text{ және } U_j \text{ ортақ көршілері болмаса} \end{cases}$$

Сонымен, әлеуметтік желіні $G=(V,E)$ бағытталмаған графы арқылы сипаттағанда, әрбір. пайдаланушының рейтингі оған сәйкес келетін төбенің дәрежесімен анықталады:

$$R_i = \deg(v_i) = \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (4)$$

мұндағы a_{ij} — іргелестік матрицасының элементі. Егер i және j пайдаланушыларының арасында байланыс, яғни ортақ көршіер болса, оның мәні 1-ге, ал байланыс болмаса, 0-ге тең.

Осылайша, екі жағдайда да рейтинг пайдаланушының салыстырмалы маңыздылығын сипаттайды. Алайда оның нақты мәні деректерді ұсыну тәсіліне байланысты. Сарапшылық модельде рейтинг қатысушыға сарапшылар қойған бағалардың қосындысын көрсетсе, графтық модельде ол пайдаланушының тікелей байланыстарының санын көрсетеді.

Ұсынылған әдіс нәтижелері қауымдастықтарды анықтауға арналған Girvan–Newman және Louvain алгоритмдерінің нәтижелерімен салыстырылды. Салыстыруға алынған мәндер: қауымдастықтар саны, модульділік және орындалу уақыты. Ұсынылған әдістің r шекті параметрі эксперименттік түрде таңдалды. Ең жақсы нәтиже $r = 0,135$ кезінде алынды. Facebook желісіндегі тәжірибеде $r=0.135$ мәні екі төбенің ұқсастығын

анықтау үшін қолданылды. Бұл мән p параметрінен өзгеше, себебі p төбенің белсенділігін, ал r төбелердің бір-біріне ұқсастығын сипаттайды. $r=0.135$ мәні тәжірибе барысында модульділік көрсеткішін салыстыру негізінде таңдалды. Есептеу нәтижелері 4-кестеде көрсетілген.

Кесте 4 — Есептеу нәтижелері

Әдіс	Қауымдастықтар саны	Модульділік Q	Орындау уақыты, с
Ұсынылған Rating–Hamming	18	0,18745	0,118
Girvan–Newman	13	0,19965	8,455
Louvain	7	0,36233	0,00958

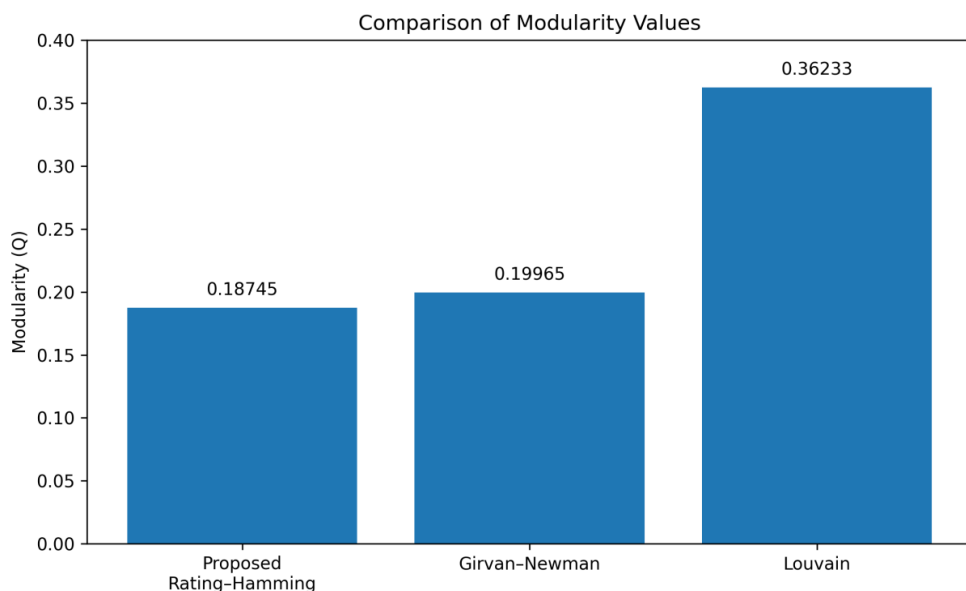
Ұсынылған Rating–Hamming әдісі 18 қауымдастықты анықтады. Ұсынылған тәсіл үшін ең жоғары модульділік $Q = 0,18745$ болды. Орындау уақыты 0,118 с-қа тең.

Girvan–Newman алгоритмі 13 қауымдастықты және $Q = 0,19965$ модульділік мәнін және орындау уақыты 8,455 с болды.

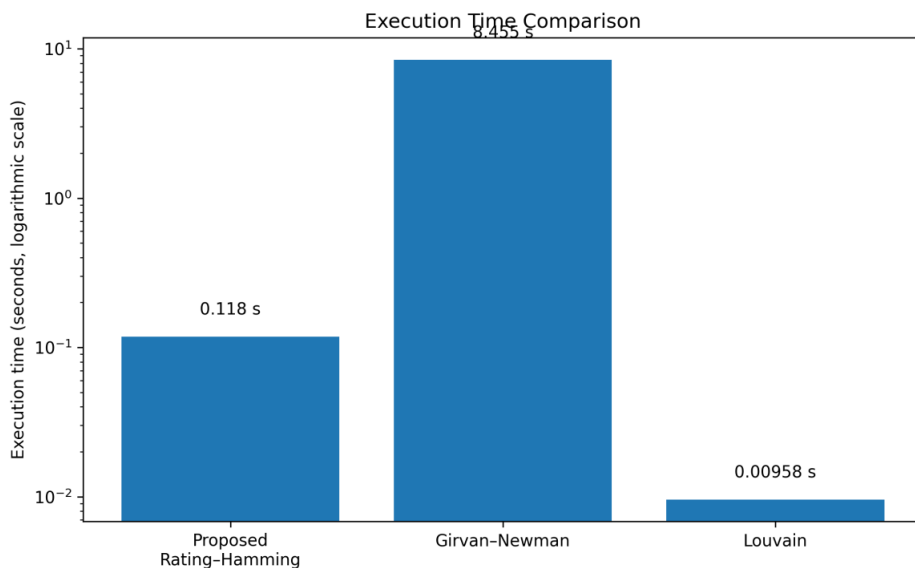
Louvain алгоритмі бойынша $Q = 0,36233$, 7 қауымдастықты анықталды. Оның орындау уақыты 0,00958 с.

Ұсынылған әдістің Girvan–Newman әдісімен салыстырғандағы артықшылығы $8,455 / 0,118 \approx 71,65$ болды.

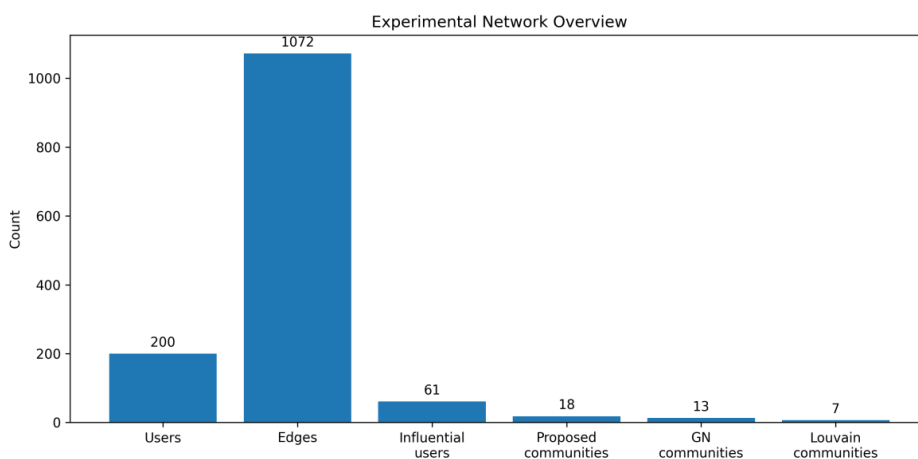
Төмендегі суреттерде: 1-суретте үш әдіспен алынған модульділік мәндері, 2-суретте олардың орындалу уақыты, ал 3-суретте эксперименттік желінің негізгі сипаттамалары мен анықталған қауымдастықтар саны салыстырылған



Сурет 1 — Үш әдістің модульділік мәндерін салыстыру.



Сурет 2 — Әдістердің орындау уақыттарын логарифмдік масштабта салыстыру.



Сурет 3 — Эксперименттік желі сипаттамалары және анықталған қауымдастықтар саны.

Талқылау.

Бұл жұмыста ұқсастық шегінің мәні $r=0.135$ зерттелген Facebook графындағы модульділік көрсеткішін салыстыру негізінде таңдалды. Параметрді таңдау мен әдіс сапасын бағалау бір графта жүргізілгендіктен, алынған нәтижелерді басқа графтарға қолдану мүмкіндігі шектеулі. Осы жұмыстың аясында әртүрлі r мәндері бойынша қосымша сезімталдық талдауы жүргізілген жоқ және параметр бөлек қосалқы графта тексерілген жоқ. Сондықтан алынған нәтижелерді зерттелген Facebook графына қатысты

эксперименттік нәтиже ретінде қарастырған жөн. Болашақ зерттеулерде параметрдің әртүрлі мәндерін салыстырып, оны бөлек деректер бөлігінде тексеру жоспарланады.

Эксперименттік нәтижелер үш әдістің әлеуметтік желінің әртүрлі қасиеттеріне бағытталғанын көрсетеді. Louvain алгоритмі $Q = 0,36233$ ең жоғары модульділік мәніне ие. Модульділік критерийі бойынша ең сапалы қауымдастықтық бөліністі алғанын көрсетеді. Girvan–Newman әдісі бойынша $Q = 0,19965$. Ал Rating–Hamming әдісі $Q = 0,18745$ мәнін қайтарды.

Girvan–Newman әдісі 8,455 с уақытты қажет етсе, ұсынылған әдіс 0,118 с уақытта орындалды. Демек, ол Girvan–Newman әдісімен салыстырғанда айтарлықтай есептеу артықшылығын қамтамасыз етеді.

Ұсынылған әдіс Louvain әдісінен модульділік те, орындау уақыты да бойынша асып түспейді. Оның негізгі артықшылығы – белсенді пайдаланушыларды анықтау мен құрылымдық ұқсастықты талдауды біріктіруінде. Бірінші кезең салыстырмалы түрде жоғары байланысы бар қолданушыларды анықтайды. Екінші кезең ортақ көршілер бар профильдерді Хэмминг қашықтығы арқылы құрылымдық ұқсастықты анықтайды.

Эксперимент маңызды әдіснамалық шектеуді көрсетті. Сирек adjacency-векторларға Хэмминг қашықтығын тікелей қолдану нөлдік мәнді элементтердің көп болуына сезімтал екенін анықтадық. Осы себепті құрылымдық ұсыну ортақ көршілерге негізделген профильдер арқылы жетілдірілді.

Қорытынды. Бұл жұмыста әлеуметтік желідегі ықпалды пайдаланушылар мен қауымдастықтарды анықтауға арналған әдіс ұсынылды. Әдіс рейтингтік талдау мен Хэмминг қашықтығын біріктіреді. Ол белсенді қолданушыларды анықтауға және құрылымдық жағынан ұқсас қолданушыларды топтастыруға мүмкіндік берді. Әзірленген әдісті практикалық қолдану әлеуметтік медиа құрылымын талдауға, пікір жетекшілерін анықтауға, ақпараттың таралуын зерттеуге және пайдаланушылардың сегментациясына байланысты қолдануға болады.

Әдіс 200 пайдаланушы мен 1072 байланыстан тұратын байланысқан әлеуметтік желіге қолданылды. Ұсынылған Rating–Hamming әдісі 18 қауымдастықты анықтады, 0,118 с орындау уақытында $Q = 0,18745$ модульділік мәніне ие болды. Нәтижелер модульділікті барынша арттыру негізгі мақсат болған жағдайда Louvain әдісінің тиімдірек екенін көрсетеді. Сонымен бірге ұсынылған әдіс Girvan–Newman алгоритмімен салыстырғанда айтарлықтай төмен есептеу шығынын қамтамасыз етті. Болашақ зерттеулерде әдісті үлкен көлемді және бірнеше әлеуметтік желі деректер жиындарында тексеріледі. Балама құрылымдық ұқсастық өлшемдерін зерттеу және ұқсастық шегін таңдаудың бейімделмелі әдістерін әзірлеу қарастырылады.

References

- Schindler J., Bartsch A., Bürgel C., and Rockenstein C. (2025) “Check this out!”: Collective functions of instant messaging about media content. *New Media and Society*, 27(11). — P. 5938–5961. <https://doi.org/10.1177/14614448241262808> (in Eng.)
- Nam S.-J., and Hwang H. (2021) Consumers’ participation in information-related activities on social media. *PLOS ONE*, 16(4), Article e0250248. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250248> (in Eng.)
- Singh S.S., Srivastava V., Kumar A., Tiwari S., Singh D., and Lee H.-N. (2023) Social network analysis: A survey on measure, structure, language information analysis, privacy, and applications. *ACM Transactions on Asian and Low-Resource Language Information Processing*, 22(5), Article 137. <https://doi.org/10.1145/3539732> (in Eng.)
- Nooribakhsh M., Fernández-Diego M., González-Ladrón-De-Guevara F., and Mollamotalebi M. (2024) Community detection in social networks using machine learning: A systematic mapping study. *Knowledge and Information Systems*, 66. — P. 7205–7259. <https://doi.org/10.1007/s10115-024-02201-8> (in Eng.)
- Panchendrarajan R., and Saxena A. (2023) Topic-based influential user detection: A survey. *Applied Intelligence*, 53. — P. 5998–6024. <https://doi.org/10.1007/s10489-022-03831-7> (in Eng.)
- Rashid Y., and Bhat J.I. (2024) An insight into topological, machine and deep learning-based approaches for influential node identification in social media networks: A systematic review. *Multimedia Systems*, 30, Article 57. <https://doi.org/10.1007/s00530-023-01258-9> (in Eng.)
- Kryuchkov V.N., Murzin F.A., and Nartov B.K. (1995) Issledovanie svyazey v kollektivakh i setyakh EVM na osnove analiza predpochteniy [Analysis of relationships in groups and computer networks based on preference analysis]. In *Problemy konstruirovaniya effektivnykh i nadezhnykh programm.* — P. 136–141). Novosibirsk. (in Russian)
- Corriera F., Takes F.W., and Saxena A. (2026) Individual fairness in community detection: Quantitative measure and comparative evaluation. *Social Network Analysis and Mining*. <https://doi.org/10.1007/s13278-026-01621-4> (in Eng.)
- da Silva Villaca R., de Paula L.B., Pasquini R., and Magalhães M.F. (2013) A similarity search system based on the Hamming distance of social profiles. In *2013 IEEE Seventh International Conference on Semantic Computing (ICSC).* — P. 90–93. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICSC.2013.24> (in Eng.)
- Kanavos A., Voutos Y., Grivokostopoulou F., and Mylonas P. (2022) Evaluating methods for efficient community detection in social networks. *Information*, 13(5), Article 209. <https://doi.org/10.3390/info13050209> (in Eng.)
- Singh D., and Garg R. (2025) A survey of community detection algorithms and its comparative performance analysis. *Computer Science Review*, 58, Article 100799. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2025.100799> (in Eng.)
- Girvan M., and Newman M.E.J. (2002) Community structure in social and biological networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(12). — P. 7821–7826. <https://doi.org/10.1073/pnas.122653799> (in Eng.)
- Blondel V.D., Guillaume J.-L., Lambiotte R., and Lefebvre E. (2008) Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008(10), Article P10008. <https://doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008> (in Eng.)
- Stanford Network Analysis Project. (n.d.) Facebook social circles dataset. Stanford University. <https://snap.stanford.edu/data/ego-Facebook.html> (in Eng.)
- Gupta S.K., and Singh D.P. (2023) Seed community identification framework for community detection over social media. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 48(2). — P. 1829–1843 <https://doi.org/10.1007/s13369-022-07020-z> (in Eng.)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

www.nauka-nanrk.kz

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

ISSN2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Managing Editor: *A.Shormakova*

Editors: *D.S. Alenov, T. Apendiev*

Computer layout: *G.D. Zhadyranova*

Signed for print: September 30, 2026

Format: 70×90 1/16. 26.5 printed sheets. Order No. 3.